

Historische Innovationsindikatoren: Ergebnisse einer Pilotstudie

Metz, Rainer; Watteler, Oliver

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Metz, R., & Watteler, O. (2002). Historische Innovationsindikatoren: Ergebnisse einer Pilotstudie. *Historical Social Research*, 27(1), 4-99. <https://doi.org/10.12759/hsr.27.2002.1.4-99>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more Information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Historische Innovationsindikatoren Ergebnisse einer Pilotstudie

Rainer Metz und Oliver Watteler^{*}

Abstract: Aim of the project was an evaluation of the possibilities to reconstruct and critically document specific quantitative indicators for the phenomena of innovation and of the economic development of Germany between 1870 and today. While the indicators of innovation are supposed to demonstrate and measure the scope, the intensity and the structural interdependence of the process of innovation, the economic indicators are used to validate the indicators of innovation. With the help of the indicators it should be possible to theoretically follow the question about the relations between innovation and economic development on the basis of time series. In this the dynamics of the innovation process receives a special focus.

After a short introduction the theoretic basis of historical time series and the relationship of innovation and economic development in Germany are briefly discussed. The main part focuses on specific groups of indicators that are used to determine the dynamics of the innovation process. These are general economic indicators, governmental spending for research and science, the building of human capital and the development in the field of inventions. The last case is treated in a more extensive way and the paper sheds light on the development in the area of patenting as well as a collection of innovative events that is gathered in a data-base set up by the IAB. Finally, the case of innovative action in the

^{*} Address all communications to Rainer Metz, Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung, Abt.: ZHSF, Liliencronstr. 6, D-50931 Köln; Tel.: +49 (0)221 47694 36, Fax: +49 (0)221 47694 55; E-Mail: metz@za.uni-koeln.de.

field of machinery industry in Germany is described. Two appendices hold figures of the used indicators and images of German machinery patents as example for their content.

1. Vorbemerkung

Ziel des Projektes¹ war es, Möglichkeiten der Rekonstruktion und historisch-kritischen Dokumentation ausgewählter quantitativer Indikatoren sowohl für das Phänomen der Innovation als auch für das Phänomen der wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland von 1870 bis heute zu evaluieren.² Während die Innovationsindikatoren Ausmaß, Intensität und strukturelle Verflechtung des Innovationsprozesses veranschaulichen und meßbar machen sollen, werden die ökonomischen Indikatoren in diesem Zusammenhang vorwiegend zur Validierung der Innovationsindikatoren benötigt. Anhand der Indikatoren soll es möglich sein, der Frage nach dem Zusammenhang von Innovation und wirtschaftlicher Entwicklung theoriegestützt auf der Basis langer Zeitreihen empirisch statistisch nachzugehen, wobei der zeitlichen Dynamik der involvierten Prozesse besondere Beachtung geschenkt wurde. Alle aufbereiteten Daten sollten im Zentralarchiv in Köln verfügbar gemacht werden, wobei die Daten nicht nur Quelle und Bearbeitungsweise der einzelnen Indikatoren, sondern darüber hinaus auch quellenkritische Angaben und, wenn nötig, Anmerkungen zum historischen Kontext enthalten sollten³.

Grundlage der durchgeführten Recherchen sind sowohl historische Quellen als auch publizierte Statistiken, sowohl in gedruckter wie auch in maschinenlesbarer Form. Theoretischer Bezugspunkt sind dabei jene Arbeiten der Innovationsforschung, die versuchen, empirisch belegte Aussagen zu Verlauf, Struktur, Dynamik und wechselseitiger Bedingtheit von Innovation und ökonomischer Entwicklung empirisch-quantitativ und besonders auf der Basis ökonomisch-historischer Zeitreihen abzuleiten. Dieser Versuch erfordert lange historische Zeitreihen, wobei eine Zeitreihe einen Indikator für eine theoretische Variable darstellt. Von besonderem Interesse ist daher, in welcher Weise sich

¹ Das Projekt war Teil des vom BMBF von 1999-2001 geförderten Forschungsverbundes „Historische Innovationsforschung“ unter Federführung des Münchner Zentrums für Technik- und Wissenschaftsgeschichte. Alle Projekte des Verbundes waren als Pilotprojekte zu ausgewählten Themen der Innovationsforschung konzipiert.

² Die ursprünglich geplante Begrenzung durch das Jahr 1950 wurde bereits im laufenden Projekt aufgegeben, da es sinnvoll erschien, die bearbeiteten Indikatoren soweit wie möglich an die Gegenwart heranzuführen.

³ Es war geplant, die Daten in Form *einer* Datenbank verfügbar zu machen. Abweichend von diesem Vorhaben sind für verschiedene Indikatorbereiche mehrere Dateien/Datenbanken angelegt worden. Es bleibt zu prüfen, inwieweit diese zu einem späteren Zeitpunkt in einer Datenbank zusammengefaßt werden können.

aus den für die einzelnen Epochen erfaßten Daten Langfristindikatoren rekonstruieren lassen.

Ein besonderes Problem ergibt sich bei diesem Vorhaben aus der Tatsache, daß sich der Forscher einer Vielzahl teils ergänzender, teils konkurrierender Modelle und Theorien gegenüber sieht, aus denen sich recht unterschiedliche Angaben über relevante Variablen, deren Verknüpfungszusammenhang und adäquate Operationalisierung ableiten lassen. Das Spektrum der zu berücksichtigenden Indikatoren muß daher sehr breit definiert werden, wobei die Operationalisierung und empirische Verknüpfung häufig nicht nach theoretischen, sondern nur nach empirisch-pragmatischen Gesichtspunkten erfolgen kann. Zahlreiche in diesem Zusammenhang relevante Begriffe bzw. Phänomene entziehen sich darüber hinaus einer direkten Anschauung und Meßbarkeit, jedenfalls einer Messung im Sinne der Zuordnung von Zahlen zu Objekten aufgrund bestimmter Regeln. Nicht die Innovation oder die Staatstätigkeit selbst, um nur zwei Beispiele zu nennen, werden gemessen, bewertet und interpretiert, sondern empirische Daten, von denen der Forscher annimmt, daß sie sein theoretisches Konzept in wesentlichen Aspekten zuverlässig repräsentieren. Hinzu kommt, daß gerade neuere Theorien das Innovationssystem als integralen Bestandteil der Kultur eines Landes thematisieren, wodurch sich einer empirischen Operationalisierung, besonders in Form langer Zeitreihen, kaum lösbare Schwierigkeiten entgegen stellen.

Diese Tatsache hat uns veranlaßt, die zentralen Phänomene „Wirtschaftswachstum“, „Strukturwandel“, „technischer Fortschritt“ und „Innovation“ zunächst im Kontext einer historischen Betrachtung der deutschen Wirtschaft zu thematisieren. Ein Ergebnis dieser Betrachtung ist eine Systematik, welche die für die Indikatorenforschung relevanten Wirklichkeitsbereiche in vier Betrachtungsebenen unterteilt. Dieses primär heuristische Schema dient vorwiegend der Suche und interpretativen Einordnung geeigneter Indikatoren. Daran anschließend werden die Projektarbeiten zu den verschiedenen Indikatorenbereichen vorgestellt. Abschließend wird für den Bereich Maschinenbau eine integrative Sicht der verschiedenen Teilbereiche versucht. Der Maschinenbau wurde deshalb ausgewählt, weil er bezüglich der Innovationsproblematik einen der am besten erforschten Industriesektoren darstellt und daher am ehesten die Chance bietet, hier auf relevante Innovationsindikatoren zu stoßen. Abschließend werden Möglichkeiten einer Weiterführung der hier durchgeführten Arbeiten und die damit verbundenen Erfolgswahrscheinlichkeiten thematisiert. Zunächst sollen jedoch an Beispielen einige jener Probleme illustriert werden, die sich bei der Rekonstruktion langer historischer Zeitreihen ergeben.

2. Lange Zeitreihen in der Wirtschaftsgeschichte

Dem Versuch, aus den für die einzelnen Epochen erfaßten Daten Langfristindikatoren zu rekonstruieren, stellen sich mehrere Probleme entgegen. Erstens sind viele der verfügbaren Reihen durch die zahlreichen Gebietsveränderungen Deutschlands verzerrt. Zweitens weisen die Reihen aufgrund der beiden Weltkriege und der Hyperinflation besonders für die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts entweder beträchtliche Lücken, oder systematisch nicht interpretierbare Extremwerte auf und drittens sind die vorhandenen Wertgrößen ohne eine geeignete Deflationierung nur sehr eingeschränkt für Langfristanalysen verwendbar.

Die intertemporale Vergleichbarkeit historischer Reihen über längere Zeiträume ist generell, und besonders für Deutschland, ein äußerst schwerwiegendes Problem. In bezug auf die konsistente Messung wirtschaftlicher Variablen wird häufig eingewandt, daß es kaum möglich sei, die entsprechende Größe über längere Zeiträume hinweg mit dem gleichen Maßstab zu messen und daß sich zudem Bedeutungsinhalt und Verknüpfungszusammenhang von gemessenen Sachverhalten gerade langfristig sehr stark verändern. Diese Probleme sind bekannt und stellen sich in allen derartigen Analysen, weshalb Knut Borchardt bereits vor langer Zeit vorgeschlagen hat, die so gewonnenen Resultate eher als Interpretationsvorschläge zu werten, denn als exakte Aussagen. So sind die Auswirkungen aufgrund der zahlreichen Gebietsveränderungen nur unter Schwierigkeiten abzuschätzen, da sich mit dem Staatsgebiet natürlich auch, um nur einige Größen zu nennen, die Anzahl der Betriebsstätten, die Sachkapitalausstattung, die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen, die Bevölkerung, das Arbeitskräftepotential und, was besonders wichtig ist, der Humankapitalbestand verändert haben. Die Dimension der damit verbundenen Strukturbrüche sei am Beispiel des Arbeitsvolumens in Abbildung 1 verdeutlicht.⁴ Die untere Reihe repräsentiert für die Zeit von 1850 bis 1995 das Arbeitsvolumen für das Gebiet der BRD in den Grenzen bis 1990, was natürlich für die Zeit vor 1945 ein Konstrukt ist. Leider kann man aber bei der statistischen Analyse langer historischer Zeitreihen auf die Verwendung solcher Konstrukte nur selten verzichten. Hinzu kommt, daß die beiden Weltkriege, die Hyperinflation und die Weltwirtschaftskrise schlechtestenfalls zu Datenlücken und bestenfalls zu Irregularitäten führen. Nehmen wir als Beispiel die von Pfetsch (vgl. unten Abschnitt 4.2) zusammengestellten Wissenschaftsausgaben für das Deutsche Reich und Bayern sowie die Summe der Ausgaben aller von ihm erfaßten Gebietskörperschaften und betrachten lediglich den Zeitraum von 1850 bis 1950. Die Reihen beginnen/enden für das Deutsche Reich 1869/1942, für Bayern 1851/1949 und für die Reihe der Gesamtausgaben 1853/1940. Lücken existieren für das Deutsche Reich von 1943-49, für Bayern von 1922-23 und

⁴ Alle Abbildungen finden sich im Anhang.

1943-44 und für die Reihe der Gesamtausgaben von 1922-23 und 1941-49. Offensichtliche Extremwerte zeigen die in den Abbildungen 2 und 3 dargestellten Reihen in den Weimarer Inflationsjahren, wobei der von Pfetsch für das Deutsche Reich für 1923 angegebene inflationäre Wert nicht in die Graphik aufgenommen wurde.⁵

Während bei den Lücken häufig nichts anderes übrig bleibt, als sie schweren Herzens zur Kenntnis zu nehmen, lassen sich Irregularitäten als exogene Einflüsse interpretieren und entsprechend statistisch modellieren. Die mit der statistischen Analyse solcher Irregularitäten verbundenen Probleme seien am Beispiel der "Langen Wellen" ökonomischer Aktivität demonstriert, wobei auf frühere Arbeiten von Metz zurückgegriffen wird. Mit Hilfe eines "idealen" Filterverfahrens, das zur damaligen Zeit den "state of the art" verkörperte, und das auch von Gerster (1988) in seiner umfangreichen Studie verwendet wurde, hat Metz (1992) 11 makroökonomische Produktionsreihen untersucht, die zwischen 1780 und 1861 beginnen und spätestens 1981 enden.⁶ Die Berechnungen wurden in zweifacher Weise durchgeführt. Einmal, indem die für die beiden Weltkriege geschätzten Werte linear interpoliert und einmal, indem diese Werte unverändert in die Berechnungen aufgenommen wurden. Für die interpolierten Reihen ergab sich folgendes Ergebnis: "From the beginning of the nineteenth century up to the present time, most of the trend-free series show long waves with a mean length that is typical for the Kondratieff waves." (S. 116) Kritisch blieb jedoch zu bedenken, daß diese Ergebnisse teilweise revidiert werden mußten, wenn man die Werte für die beiden Weltkriege nicht durch Interpolation ersetzte. In diesem Fall ergaben sich für das 20. Jahrhundert wesentlich kürzere Kondratieffzyklen, während sich diese für das 19. Jahrhundert zu bestätigen schienen. Insgesamt waren die Ergebnisse jedoch so eindeutig, daß Kleinknecht (1992) resümierend feststellte: "When omitting outliers [damit sind die Werte für die beiden Weltkriege gemeint, R.M. und O.W.] during the two world wars, Metz fully rehabilitates the Kondratieff long wave hypothesis for the nineteenth and twentieth century. [...] If world war outliers are left in the series, there is evidence for Kondratieff waves during the nineteenth century [...]. During the twentieth century, however, somewhat shorter waves emerge [...]. These waves are likely artefacts [...] resulting from war shocks." (S. 5).

Die Frage, ob die Weltkriege in dieser Weise bei den untersuchten Reihen tatsächlich Artefakte erzeugen, wurde von Metz im Rahmen seiner Habilitationsschrift erneut aufgegriffen.⁷ Hintergrund waren neu entwickelte stochastische Analyseverfahren und die damit verbundene Frage, inwieweit traditionelle

⁵ Für die y-Achse der Abbildung 2 wurde bewußt der natürliche und nicht der logarithmische Maßstab wie in Abbildung 3 gewählt, um die Dimension der nominalen Ausgabensteigerung zu veranschaulichen.

⁶ Vgl. auch Metz/Stier (1992).

⁷ Metz (1995); vgl. auch Metz (1998a), Metz (1998b).

Ansätze und Verfahren dadurch in Frage gestellt bzw. neu formuliert werden müßten. Die Ergebnisse sind eindeutig: Ist eine Zeitreihe durch Ausreißer oder andere irreguläre Einflüsse überlagert bzw. gestört, dann werden für solche Zeitreihen fälschlicherweise nicht vorhandene zyklische Prozesse geschätzt. Interpretiert man diese mit Hilfe von Zyklen- oder Wellentheorien, dann führt das dazu, daß irreguläre und unregelmäßig auftretende Veränderungen der Reihe systemendogen erklärt und damit unzulässigerweise verallgemeinert werden. Die in der Literatur für die Reihe des deutschen Sozialprodukts diskutierten "Langen Wellen" lassen sich nach diesen Berechnungen in ihrem Ausmaß primär auf irreguläre Einflüsse in der Zeit von 1914 bis 1960 zurückführen und damit nicht als generelles Entwicklungsmuster wirtschaftlichen Wachstums interpretieren.

In Statistik und Ökonometrie sind inzwischen Verfahren entwickelt worden, die es ermöglichen, Wirkung und Ausmaß dieser exogenen Einflüsse zu bestimmen, um so die "ungestörte" bzw. "normale" Entwicklung sichtbar zu machen. Diese Verfahren versprechen auch bei der Analyse von Innovationsindikatoren einen wesentlichen Erkenntnisfortschritt. Lediglich als Ausblick auf damit verbundene Analysemöglichkeiten und Interpretationsansätze sollen im folgenden zwei Zeitreihen betrachtet werden (vgl. Abbildung 4). Einmal die „normale“ Wachstumsrate des deutschen BIP pro Kopf der Bevölkerung, die mit einem strukturellen Zeitreihenmodell geschätzt wurde, nachdem alle irregulären exogenen Einflüsse vorab herausgerechnet wurden (vgl. Metz 1998b). Diese von irregulären Störungen bereinigte Wachstumsrate zeigt keinen linearen Verlauf, wie man das z.B. aufgrund der Annahmen der neoklassischen Wachstumstheorie erwarten würde. Ganz im Gegenteil, für die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts kann man von einem nachhaltigen Anstieg der durchschnittlichen Wachstumsrate in Deutschland ausgehen. Diese Entwicklung ist ein deutlicher Hinweis auf Wachstumsschwankungen, die nicht auf irreguläre Zufallseinflüsse, sondern auf systematische Faktoren im Wachstumsprozeß zurückzuführen sind. Zusätzlich enthält die Abbildung 4 den Trend der von Baker (1976) zusammengestellten bahnbrechenden Patente, die beim englischen Patentamt angemeldet worden sind, und denen Baker einen weltweiten Repräsentationsgrad zuerkennt.⁸ Ohne hier auf eine Diskussion der Verlaufsmuster einzugehen, ist der über lange Zeit deutlich ausgeprägte inverse Verlauf der beiden Reihen doch frappierend.

Ein weiteres Problem bei der Rekonstruktion langer Zeitreihen ergibt sich bei der Darstellung und Analyse von Wertgrößen. Deren Veränderungen resultieren sowohl aus Veränderungen des physischen Volumens als auch aus der Preisentwicklung selbst. Um Wertgrößen in ihrer zeitlichen Entwicklung vergleichen zu können, muß man die reinen Preisveränderungen ausschalten, d.h., man muß die entsprechenden Indikatoren in konstanten Preisen berechnen.

⁸ Baker (1976); vgl. auch unsere Ausführungen in Abschnitt 4.4.6.2, unten.

Dies ist besonders bei langfristigen Untersuchungen aufgrund der sich ständig verändernden Waren- und Dienstleistungsstruktur ein schwerwiegendes Problem. Hierzu ein Beispiel: Pfetsch gibt die Wissenschaftsausgaben in Mill. Mark bzw. Reichsmark an. In Bayern steigen diese Ausgaben von 1870 bis 1950 von 1.9 Mill. auf über 94 Mill. Mark an (vgl. Abbildung 5). Will man diese Werte um den Preisanstieg bereinigen, benötigt man einen Preisindex der entsprechenden Güter, der für Bayern aber leider nicht vorliegt. Als Alternativen bieten sich die von Hoffmann (1965) berechneten Preisindices entweder für Bildung und Erholung oder für den öffentlichen Verbrauch an. Beide Indices haben als Basis das Jahr 1913 und weisen von 1914-24 und von 1939-1949 Lücken auf. Verwendet man zur Deflationierung der Wissenschaftsausgaben in Bayern den Index des öffentlichen Verbrauchs, so erhält man eine "inflationbereinigte" Reihe für die Jahre von 1870-1914 und 1925-1938 sowie für 1950 (vgl. Abbildung 5). Diese Reihe zeigt die Wissenschaftsausgaben unter der Annahme, daß sich die Preise von 1870 bis 1950 nicht verändert haben, m.a.W., daß der Wert des Geldes konstant geblieben ist. Die in laufenden Preisen angegebenen Werte verzerren dagegen die Entwicklung. Dieses Umrechnungsproblem stellt sich grundsätzlich bei allen Größen, die in Geldeinheiten ausgedrückt werden und bei denen nur die "reale" Entwicklung über die Zeit verglichen werden soll.

Als vorläufiges Fazit läßt sich festhalten: Ein generell äußerst schwieriges Problem ist die konsistente Messung wirtschaftlicher Variablen, da sich Bedeutungsinhalt und Verknüpfungszusammenhang von gemessenen Sachverhalten gerade langfristig sehr stark verändern. Erschwerend kommen besonders für Deutschland die zahlreichen Gebietsveränderungen hinzu, deren Auswirkungen sich nur unter Schwierigkeiten abschätzen lassen. Hinzu kommt, daß die beiden Weltkriege, die Hyperinflation und die Weltwirtschaftskrise zu Datenlücken und zu systematisch kaum einschätzbaren Irregularitäten führen. Ein weiteres Problem ergibt sich bei der Darstellung und Analyse von Wertgrößen, deren Veränderungen sowohl aus Veränderungen des physischen Volumens als auch aus der Preisentwicklung selbst resultieren. Um Wertgrößen in ihrer langfristigen zeitlichen Entwicklung vergleichen zu können, müßte man die rein preisbedingten Veränderungen bestimmen können, was aber aufgrund der sich ständig verändernden Waren- und Dienstleistungsstruktur kaum zu lösen ist. So muß man festhalten, daß viele der verfügbaren Indikatoren durch die zahlreichen Gebietsveränderungen Deutschlands verzerrt sind, daß sie aufgrund der beiden Weltkriege und der Hyperinflation besonders für die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts entweder beträchtliche Lücken oder systematisch nicht interpretierbare Extremwerte aufweisen und daß zudem die vorhandenen Wertgrößen ohne eine geeignete Deflationierung nur sehr eingeschränkt für Langfristanalysen verwendbar sind.

3. Wachstum, Produktivität und technischer Fortschritt: Eine historische Perspektive

3.1 Wachstum und Strukturwandel der deutschen Wirtschaft

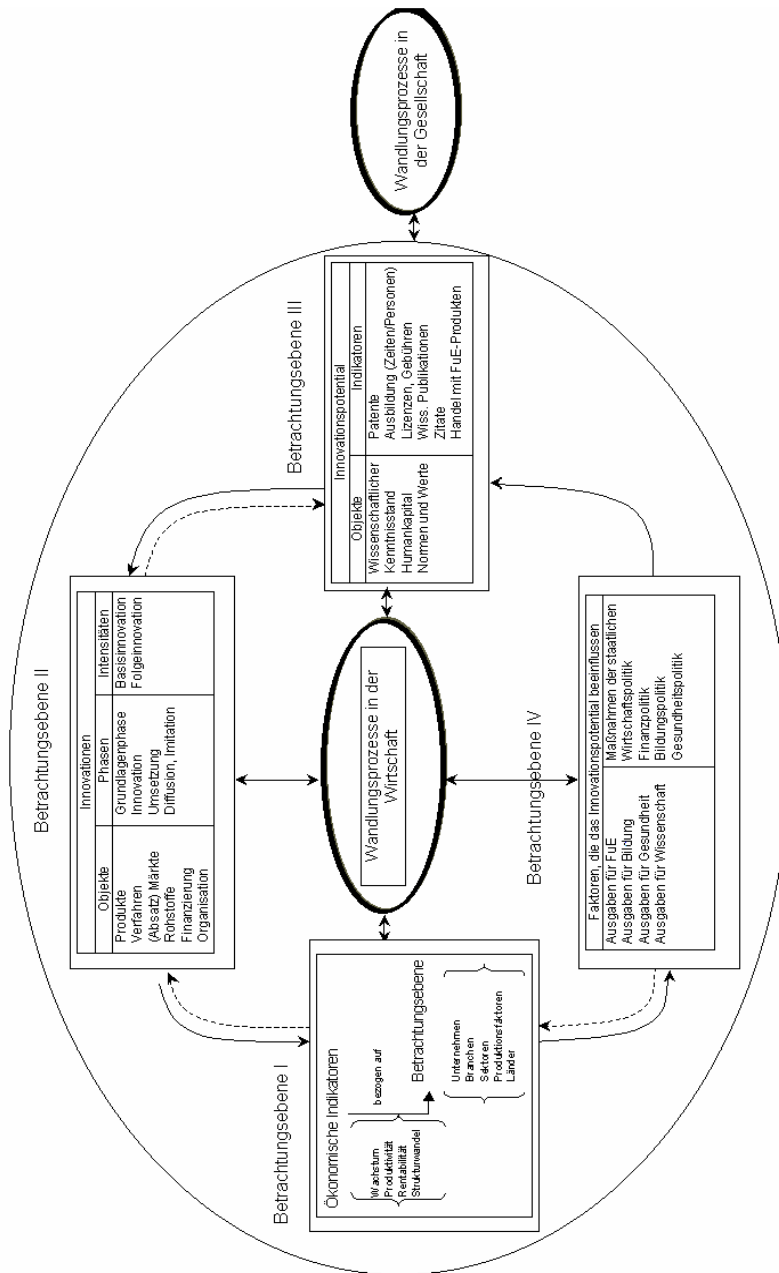
Die folgenden Ausführungen versuchen zunächst eine Verdeutlichung des Phänomens des Produktivitäts- bzw. technischen Fortschritts in seiner Bedeutung für Wachstum und Strukturwandel der deutschen Wirtschaft seit 1850. Bei der Suche nach dessen Ursachen stößt man auf die Innovationen und das in diesen zum Ausdruck kommende Innovationspotential einer Volkswirtschaft. Daß dieses Potential durch zahlreiche Faktoren – nicht nur nationale - beeinflusst wird, ist eine Grunderkenntnis der Innovationsforschung und verweist in diesem Zusammenhang auch auf die Bedeutung staatlicher Maßnahmen. Zusammenhänge und involvierte Faktoren gilt es im folgenden etwas genauer zu erläutern. Schematisch sind sie in Übersicht 1 dargestellt. Dabei gilt es zu bedenken, daß es bis heute nur sehr eingeschränkt gelungen ist, Ausmaß und Struktur dieses Wandlungs- bzw. Innovationsprozesses in seinem historischen Verlauf, z.B. in Form von Zeitreihen, empirisch nachzuzeichnen, und dies umso mehr, je weiter man in die Geschichte zurückgreift.

Bis zum Einsetzen der Industriellen Revolution war es den Menschen global und langfristig nicht gelungen, die Malthusianische Falle, die Diskrepanz zwischen Bevölkerungswachstum und landwirtschaftlicher Produktion zu überwinden.⁹ Bis ins 18. Jahrhundert hinein ist in jeder landwirtschaftlichen Aufschwungphase das Agrarprodukt langsamer gewachsen als die Bevölkerung, und zwar aufgrund der Wirksamkeit des "Gesetzes vom abnehmenden Bodenertrag". Früher oder später kam es zu Bevölkerungskrisen, die das Bevölkerungswachstum verlangsamten oder gar stoppten. Da in der Stagnationsphase das Agrarprodukt langsamer zurückging als die Bevölkerung, bildeten sich die Bedingungen für einen wirtschaftlichen Aufschwung erneut heraus und das Ganze wiederholte sich. Erst das sich im Prozeß der Industrialisierung etablierende moderne Wirtschaftswachstum hat in den heutigen Industrieländern seit dem 19. Jahrhundert, bei einem gleichzeitig starken Bevölkerungswachstum, zu einer nachhaltigen Erhöhung des Pro-Kopf-Einkommens geführt.¹⁰

⁹ Zu den im folgenden dargestellten wirtschaftlichen Säkulartrends vgl. Metz (2000a) und besonders für das Wirtschaftswachstum Deutschlands im 20. Jahrhundert Metz (2001).

¹⁰ Eine gute Einführung in diese Probleme findet sich bei Pierenkemper (1996).

Übersicht 1: Elemente einer nationalen Innovationskultur



Wann genau die Beschleunigung des Wachstums im 19. Jahrhundert stattgefunden hat, ist nicht sicher auszumachen. Nachweislich hat sich das Wachstumstempo der deutschen Wirtschaft in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts merklich erhöht. Von 1850 bis 1913 ist das reale Nettoinlandsprodukt je Einwohner auf das 2.7fache angestiegen, was einer jährlichen Zuwachsrate von 1.6% entspricht. Die Produktion selbst war noch weitaus schneller, nämlich mit durchschnittlich 2.6% auf mehr als das Fünffache angewachsen, doch hatte sich auch die Zahl der Einwohner von 35 auf 67 Mill. fast verdoppelt. Da das nominale Nettosozialprodukt zu laufenden Preisen zwischen 1850 und 1913 auf das 8.6fache angewachsen ist, war für die Zeitgenossen das subjektiv erlebte Wachstum also noch wesentlich stärker. Nach Maddison (1995) hat sich das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland (in den Grenzen der BRD bis 1990) pro Kopf der Bevölkerung von 1.476 US-\$ im Jahr 1850 auf 19.097 US-\$ im Jahr 1994 fast verdreizehnfacht und dies, obwohl die durchschnittliche jährliche Arbeitszeit pro Erwerbstätigem drastisch zurückgegangen ist. Damit ergibt sich für diesen Zeitraum eine jahresdurchschnittliche Pro-Kopf-Wachstumsrate von 2%.

Dieses Wirtschaftswachstum war und ist mit einem tiefgreifenden Strukturwandel in allen Lebens-, Gesellschafts- und Wirtschaftsbereichen verbunden. Einen dramatischen Wandel hat die sektorale Wertschöpfungs- und Beschäftigungsstruktur erfahren. Betrug der Beschäftigtenanteil in der Landwirtschaft um 1850 noch etwa 56%, waren es 1992 gerade noch 3%. Der sekundäre und tertiäre Sektor haben sich parallel dazu vergrößert, wobei der Dienstleistungsbereich seine Bedeutung gegenüber der Industrie in den letzten Jahrzehnten immer weiter ausgedehnt hat und zum dominierenden Produktionsbereich wurde. Parallel zur Beschäftigtenstruktur haben sich auch die sektoralen Wertschöpfungsanteile grundlegend verändert. Während heute etwa 98% der gesamtwirtschaftlichen Produktion im sekundären und tertiären Sektor entstehen, lagen diese Anteile um 1850 bei lediglich etwa 44%. Mit diesem Strukturwandel war ein enormer Anstieg der Reallöhne und damit des materiellen Lebensstandards breiter Bevölkerungsschichten verbunden. So ist in Deutschland der Reallohn im Laufe des 19. Jahrhunderts um etwa 50%, von 1900 bis 1994 aber um 550% gestiegen, wovon allerdings der Löwenanteil, nämlich 400%, auf die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts entfallen. Diese enorme materielle Wohlstandssteigerung war, wie bereits gesagt, von einem starken Rückgang der persönlichen Arbeitszeit begleitet. Die jährliche Arbeitszeit pro Erwerbstätigem ging von 1913 bis 1987 von etwa 2600 auf 1600 Stunden also um 60% zurück. Da gleichzeitig die Lebenserwartung um mehr als 10 Jahre anstieg, verringerte sich die zeitliche Belastung durch die Erwerbstätigkeit im Laufe eines Lebens noch mehr.

Von besonderem Interesse ist neben dem rasanten Strukturwandel die Feststellung, daß das Wachstum der deutschen, wie auch der meisten anderen Volkswirtschaften (die USA stellen hier eine gewisse Ausnahme dar), nicht

gleichmäßig verlief, sondern in Phasen der Expansion und Kontraktion mehr oder weniger starken Schwankungen unterlag. Von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zum I. Weltkrieg war der Wachstumsprozeß relativ gleichmäßig. Eine stark irreguläre Entwicklung zeigt die Kriegs- und Zwischenkriegszeit, wobei besonders der Einbruch im I. Weltkrieg und der starke Rückgang in der Weltwirtschaftskrise Anfang der 30er Jahre hervortreten. Nach dem erneuten, durch den II. Weltkrieg bedingten Einbruch, brachten die 50er und 60er Jahre ein enormes Wachstum. Seit Mitte der 70er Jahre hat sich der Wachstumsprozeß demgegenüber deutlich verlangsamt. Insgesamt gab es im 20. Jahrhundert 21 Jahre, in denen die reale Pro-Kopf-Produktion der deutschen Volkswirtschaft absolut zurückgegangen ist. Davon entfielen 17 auf die erste und nur 4 Jahre auf die zweite Hälfte des Jahrhunderts. Von den 17 Negativjahren entfielen 11 auf den I. und II. Weltkrieg und die Weltwirtschaftskrise. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts ging die Pro-Kopf-Produktion lediglich 1967, 1975, 1982 und 1993 absolut zurück. Zum Vergleich: Von 1850 bis 1900 zeigen immerhin 18 Jahre eine negative Wachstumsrate. Am Ende des 20. Jahrhunderts hat sich das Wachstum in Deutschland, wie in vielen anderen Industrienationen auch, einem Niveau angenähert, das man in der langfristigen Betrachtung als normal bezeichnen könnte. Wie ein internationaler Vergleich zeigt, gibt es in den hochindustrialisierten Ländern so etwas wie eine säkulare Normalwachstumsrate, die zwischen 1.5% und 2.5% variiert.¹¹ So beträgt in Deutschland die durchschnittliche Pro-Kopf-Wachstumsrate des BIP im Zeitraum von 1870-1989 2% und von 1985-1998 1.8%. Wirtschaftliches Wachstum ist - nicht nur in der modernen Wirtschaftsgeschichte - zu einem Schlüsselphänomen wirtschaftlicher Entwicklung geworden und die entscheidende Frage ist die nach seinen Ursachen, nach seinen institutionellen und strukturellen Bedingungen.

Bei dem Versuch, diese Frage zu beantworten, empfiehlt es sich, zunächst auf das Theorieangebot der Wirtschaftswissenschaften zurückzugreifen. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die neoklassische Wachstumstheorie, die in den vergangenen beiden Jahrzehnten in Form der sog. "Neuen Wachstumstheorie" eine ungeahnte Renaissance erfahren hat,¹² nachdem sie gerade als Erklärungsmodell historischer Wachstumsprozesse lange Zeit von Ökonomen und Wirtschaftshistorikern gleichermaßen in Frage gestellt wurde.¹³ Kernstück des traditionellen Ansatzes ist eine makroökonomische

¹¹ Entsprechende Zahlen finden sich z.B. in Buchheim (1994) und in Maddison (1991).

¹² Vgl. Barro / Sala-i-Martin (1995).

¹³ So schreiben Crafts et al. (1991, S. 129): "Economic historians have typically rejected the view that trend growth is constant through time". In diesem Sinne auch Alan S. Milward (zit. bei Dumke 1990, S. 458): "[...] the historian is bound to be sceptical about any argument [...] that over the long run investment and growth tend towards a norm"; oder R.C.O. Matthews (zit. bei Bombach 1985, S.43): "The size and persuasiveness of the differences of growth rates between historical phases revealed by Mr. Maddison's figures should be enough to convert anyone, if there still is anyone, who believes the steady state growth is a

Produktionsfunktion, mit der die gesamtwirtschaftliche Produktion aus dem Einsatz von Arbeit und Kapital zu erklären versucht wird. Der Boden - verstanden im traditionellen Sinne als landwirtschaftliche Nutzfläche - spielt in modernen Industriegesellschaften praktisch keine Rolle mehr. Wird die bekannte Cobb-Douglas-Produktionsfunktion unterstellt, dann gilt:

$$Y_t = P \cdot F(K_t, A_t) = P \cdot K_t^\alpha \cdot A_t^\beta ,$$

wobei der Produktivitätsparameter P eine Konstante darstellt. Im traditionellen Ansatz sind die Parameter α und β jeweils positiv, kleiner als 1 und addieren sich zu 1. Eine Konsequenz hieraus ist, daß bei einer Erhöhung eines der beiden Produktionsfaktoren der Output zwar steigt, die Zuwächse jedoch geringer werden. Steigert man den Einsatz beider Produktionsfaktoren proportional um den Faktor p , so zeigt sich, daß der Output Y ebenfalls um den Faktor p wächst. Offensichtlich kann sich der Output Y nur dann erhöhen, wenn ein Mehr an Inputfaktoren K und/oder A in der Produktion eingesetzt wird oder wenn sich - aus welchen Gründen auch immer - der Parameter P , also die Produktivität, erhöht.

In ihrer ursprünglichen Form widmete sich die Neoklassik nur den Inputfaktoren. Für die Vermehrung des Produktionsfaktors Arbeit rekurriert man auf das exogen bestimmte Bevölkerungswachstum. Für das Wachstum des Faktors Kapital ist das Sparverhalten der Konsumenten verantwortlich, da derjenige Teil der Gesamtproduktion beziehungsweise des Einkommens Y , der nicht konsumiert wird, automatisch dem Sparen und damit über die Investitionen der Realkapitalbildung zugeführt wird. Der technische Fortschritt, der in dem Produktivitätsparameter P zum Ausdruck kommt, wird in diesem Modell als exogen betrachtet, d.h. durch das Modell nicht erklärt. Für ganz bestimmte Parameterwerte führt dieses Modell zu einem kontinuierlichen Anstieg des Outputs im Zeitablauf. Dies gilt allerdings nicht für das Pro-Kopf-Einkommen Y/A (auch als Arbeitsproduktivität bezeichnet). Dieses konvergiert langfristig gegen

good approximation to reality". Auch Solomou (1990) stellt kritisch fest: "A frequent criticism of neoclassical growth models is that they fail to take account of the real world by imposing the conditions of balanced and steady growth [...]" (S. 1); und Hahn/Matthews (1965) geben zu bedenken: "The general preoccupation with the case of steady-state-growth and also, perhaps, an unduly restricted and over-simplified background concept of the phenomenon to be explained [...] have drawn the theory into directions which severely limits its direct empirical application for usefulness" (S. 112). Nicht nur bei Historikern, auch unter Ökonomen ist die Kritik am neoklassischen Wachstumsmodell weit verbreitet. So betont z.B. Oppenländer (1991), daß die Neoklassik heutzutage nicht mehr als Paradigma für die Erklärung von Wachstumsvorgängen gelten kann und auch Tichy (1991) hebt hervor, daß das " [...] traditionelle neoklassische Modell [...] - ohne weiteres - weder Veränderungen im pro Kopf Wachstum in einzelnen Ländern noch Wachstumsunterschiede zwischen den Ländern erklären [...]" (S. 104) kann. Auch Bombach (1985) argumentiert vehement gegen die Gültigkeit der Normalwachstumshypothese: "I would not be able to find a single argument in favour of such a law" (S. 49). Sechs Jahre später spricht Bombach (1991, S. 25) jedoch bereits von "klassischen" 3 Prozent.

einen konstanten Wert. Das gleiche gilt auch für die Größe K/A , die als Kapitalintensität das pro Kopf eingesetzte Kapital angibt. Auch diese Größe pendelt langfristig auf ein konstantes Niveau ein. Diese „Langfrist-Werte“ von Y/A und K/A nennt man auch Gleichgewichtsniveaus. Der Grund dafür, daß sich derartige Gleichgewichtswerte der Pro-Kopf-Größen sowie identische Wachstumsraten - sogenannte steady-states - für Y und K herausbilden, ist darin zu sehen, daß die Produktivität - und damit die Rendite - des eingesetzten Kapitals mit zunehmenden Kapitalstock abnimmt. Das dadurch ebenfalls verringerte Produktionswachstum bedingt über die Ersparnisse, daß ab einem bestimmten Niveau des Kapitalstocks die Investitionen gerade noch ausreichen, das abgeschriebene Kapital zu ersetzen sowie den Bevölkerungszuwachs mit dem gleichen Pro-Kopf-Kapital auszustatten. Daß diese Aussagen des Modells mit aller historischen Erfahrung in Widerspruch stehen, hat zu seiner bereits erwähnten Diskreditierung geführt. Weder haben sich bislang die Pro-Kopf-Einkommen auf einen konstanten Wert eingependelt, noch sind die Kapitalrenditen gefallen. Will man dieses Dilemma lösen, so bleibt, sofern man in der neoklassischen Modellwelt verbleibt, nichts anderes übrig, als den Produktivitätsparameter als Variable in das Modell aufzunehmen, d.h. den technischen Fortschritt zu endogenisieren. Genau dies ist das Anliegen der sogenannten Neuen Wachstumstheorie, mit der seit einigen Jahren versucht wird, die Schwächen der neoklassischen Wachstumstheorie zu überwinden.

Ungeachtet dieser Einschränkungen kann man im Rahmen der neoklassischen Wachstumstheorie jedoch zeigen, daß spätestens seit der Mitte des 19. Jahrhunderts das reale Volkseinkommen in Deutschland schneller stieg als der kombinierte mengenmäßige Input von Arbeit und Kapital, sieht man vom Boden einmal ab. Zwar wachsen Kapitalbestand und Sozialprodukt etwa gleich schnell, da aber der Arbeitseinsatz relativ schwächer zunimmt, wächst der kombinierte Input von Arbeit und Kapital langsamer als das Sozialprodukt, d.h. es bleibt ein ungeklärter Rest. Dieser gibt Auskunft darüber, in welchem Ausmaß sich die Produktivität der eingesetzten Produktionsfaktoren verändert. Um diesen Rest zu berechnen, werden die gewichteten jährlichen Zuwachsraten von Arbeit und Kapital mit der Wachstumsrate des Sozialprodukts verglichen. Entspricht das gewogene Mittel der Wachstumsraten der Produktionsfaktoren der Wachstumsrate des Sozialprodukts, dann ist dessen Veränderung nur auf den vermehrten Einsatz von Arbeit und Kapital gleichbleibender Qualität zurückzuführen. Besteht keine Gleichheit der Wachstumsraten, so gibt die Differenz den Teil der Zuwachsrate der Produktion an, der mit dem vermehrten Einsatz von Arbeit und Kapital in unveränderter Qualität nicht erklärt werden kann.¹⁴ Man nennt diesen Teil auch die Wachstumsrate der totalen Faktorpro-

¹⁴ Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß diesem Vorgehen nicht nur eine Reihe von Schwächen anhaften, sondern daß die Ergebnisse auch von bestimmten Annahmen abhängen, deren Gültigkeit sich im einzelnen nur schwer überprüfen läßt. Trotz dieser Einschränkungen

duktivität (TFP), wobei diese nichts anderes ausdrückt als die globale Produktivitätssteigerung von Arbeit und Kapital. Synonym für die TFP wird häufig der Begriff technischer Fortschritt verwendet, der in diesem Sinne eine Umschreibung dafür ist, daß sich der Produktionsausstoß überproportional zum rein quantitativen Mehreinsatz der Produktionsfaktoren erhöht.¹⁵ Hierzu einige Zahlen: Von 1913 bis 1987 ist das Bruttosozialprodukt (BSP) in Deutschland um jahresdurchschnittlich 3% gewachsen. Davon entfallen 47% auf den Mehreinsatz von Arbeit und Kapital aber 53% auf die gesteigerte Faktorproduktivität. Wie die Tabelle 1 zeigt, erhält man ähnliche Ergebnisse auch für andere Länder. Danach ist mit etwa 30-60% ein großer Teil des Pro-Kopf-Wirtschaftswachstums im 20. Jahrhundert auf den Produktivitätsfortschritt zurückzuführen.

Diese Beispiele zeigen zumindest zweierlei. Erstens ist ein großer Teil des Pro-Kopf-Wirtschaftswachstums nicht auf die quantitative Vermehrung, sondern auf die qualitative Verbesserung bzw. den effizienteren Einsatz der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital zurückzuführen. Zweitens unterliegt das Produktivitätswachstum starken zeitlichen Schwankungen. Offensichtlich gibt es also Faktoren, die neben den traditionellen Produktionsfaktoren das Wachstum des Sozialprodukts beeinflussen. Dies ist für die wirtschaftliche Entwick-

Tabelle 1¹⁶: Wachstumsraten und Faktorproduktivität

Land	Wachstumsrate des Bruttosozial- produkts	Wachstumsrate des Arbeits- und Kapi- taleinsatzes	Prozentanteil der TFP an der Wachstumsrate des Bruttosozial- produkts
	1913 – 1987		
Frankreich	2.8	1.2	57
Großbritan- nien	2.0	1.2	40
Japan	5.1	3.3	55
Niederlande	3.0	1.9	37
USA	3.0	2.2	27

hat sich dieses Vorgehen als ein wichtiges Verfahren zur Messung des Produktivitätsfortschritts im Rahmen des sog. "growth accounting" etabliert. Vgl. hierzu Barro (1998).

¹⁵ Nach dieser Definition liegt technischer Fortschritt vor, wenn mit einem gleichbleibenden Faktoreinsatz eine höhere Produktion erzielt wird, bzw. eine gleichbleibende Produktion mit einem geringeren Faktoreinsatz möglich ist. In diesem Sinne wird technischer Fortschritt residual als Differenz zwischen der tatsächlichen Produktionsänderung und der aufgrund der Faktoreinsatzvariation zu erwartenden Produktionsänderung definiert. Eine Einführung in diese Thematik findet sich in Hahn et al. (1995).

¹⁶ Quelle: Burda / Wyplosz (1994).

lung eines Landes und besonders für das rohstoffarme Deutschland, von entscheidender Bedeutung. Denn angesichts der natürlichen Beschränkung des Arbeitskräftepotentials und der abnehmenden Grenzerträge von Boden und Kapital wäre es sonst nicht möglich, den Pro-Kopf-Wohlstand langfristig zu erhöhen. Kritisch ist gegenüber dem bisher Gesagten jedoch einzuwenden, daß es über die Ursachen und Triebkräfte des Produktivitätsfortschritts gerade nichts aussagt. Er fällt, um ein viel zitiertes Wort zu verwenden, wie "Manna vom Himmel". Wie also kommt es zu diesem Produktivitätsfortschritt, was sind seine Ursachen und treibenden Kräfte?

Natürlich unterlag auch das Produktivitätswachstum erheblichen, sowohl kurz-, wie auch längerfristigen Schwankungen. In Abbildung 6¹⁷ sind die jährlichen Veränderungen der TFP der deutschen Wirtschaft von 1870 bis 1913, berechnet für das reale Nettosozialprodukt, dargestellt. Die durchschnittliche Wachstumsrate der Faktorproduktivität beträgt in diesem Zeitraum 1.1%. Bei einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate des realen Nettosozialprodukts zu Faktorkosten von 2.6% bedeutet das, daß von diesen 2.6% 42% auf die totale Faktorproduktivität entfallen.¹⁸ Für die Jahre von 1925-38 indiziert eine Wachstumsrate der TFP von gut 2% ein relativ hohes Produktivitätswachstum. Aufgrund der bekannten Irregularitäten dieser Zeit ist diese Angabe jedoch mit Vorsicht zu genießen.¹⁹ Ein außergewöhnlich hohes Produktivitätswachstum zeigt die deutsche Wirtschaft von 1950 bis 1973. Es beträgt 1950-60: 7.4% und 1960-73: 4.2%. In der Folgezeit hat es sich zwar wesentlich verlangsamt, und zwar von 1973 bis 1979 auf 2.5% und von 1979 bis 1992 auf 2.0%, es liegt damit aber immer noch über dem Stand von vor 1913.²⁰

3.2 Die Suche nach den Ursachen des Produktivitätsfortschritts

Bei der Suche nach einer Antwort auf diese Frage ist zunächst bemerkenswert, daß den damit verbundenen Problemen eigentlich erst ab Mitte der 1970er Jahre die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Zwar sind bereits in der Rationalisierungsdebatte der 1920/30er Jahre die damit verbundenen Probleme intensiv diskutiert worden, das Interesse galt hier jedoch primär den Auswirkungen des technischen Fortschritts auf den Arbeitsmarkt.²¹ In den 1950er und 1960er Jahren stand - auch angesichts historisch beispielloser Wachstumsraten - die Frage nach den Bedingungen eines gleichgewichtigen Wachstums im Mittelpunkt des Interesses. Zentral waren dabei das Verhältnis von Sparen und Investieren sowie die über Investitionen gesteuerte Kapitalak-

¹⁷ Quelle: Hoffmann (1965) S. 26f.

¹⁸ Eine leicht verständliche Darstellung dieser Zusammenhänge gibt Schremmer (1973), der sich dabei explizit auseinandersetzt mit der Arbeit von André (1971).

¹⁹ Büttner et al. (2000).

²⁰ Lindlar (1997).

²¹ Lederer (1931). Vgl. auch Freyberg (1989).

kumulation, als dem "Herzstück" des Kapitalismus. Erst durch den Ölpreisschock von 1973 und die Stagflation der 1980er Jahre, verbunden mit einem Nachlassen des Produktivitätswachstums der US-amerikanischen Wirtschaft, ist ein intensives Interesse am Produktivitätsfortschritt gleichzeitig in vielen wissenschaftlichen Disziplinen entstanden.²² Aufgrund der seither zu beobachtenden generellen Abschwächung der Wachstumsdynamik in den Industrieländern sowie der starken Zunahme der Arbeitslosigkeit, haben die damit verbundenen Probleme bis heute nichts an Aktualität und wirtschaftspolitischer Bedeutung eingebüßt. Seit Mitte der 1970er Jahre haben sich dabei mehrere unterschiedliche Theoriekonzepte herausgebildet, auf die hier jedoch nicht eingegangen werden soll (vgl. Metz 2001).

Trotz aller Unterschiede im Detail ist die gegenwärtige Forschung zum Thema Produktivität durch mehr Gemeinsamkeiten gekennzeichnet, als man das vielleicht vermuten würde. Allgemeine Übereinstimmung besteht z.B. darin, daß das Humankapital einen mindestens ebenso wichtigen Produktionsfaktor darstellt wie das Realkapital. Mit Humankapital kann dreierlei gemeint sein: das Ausmaß der formellen Ausbildung der Erwerbsbevölkerung, das gesamte, an menschliche Kenntnisse gebundene Produktionswissen einer Volkswirtschaft sowie die Gesundheit der Erwerbsbevölkerung. Im engeren Sinne versteht man unter Humankapital jedoch lediglich die Qualifikation (Kenntnisse, Fertigkeiten) und die Gesundheit der Erwerbsbevölkerung. Das technische Wissen wird zusammen mit dem technischen Stand der Produktionsmittel dem technologischen Wandel zugeordnet. Zentral - aber nicht unbedingt neu - ist darüber hinaus die Erkenntnis, daß neben dem Humankapital dem technologischen Wandel für die Produktivitätssteigerung einer Volkswirtschaft größte Bedeutung zukommt. Daß dieser technologische Wandel auch immer mit einer zunehmenden Spezialisierung und Rationalisierung der Arbeitsabläufe (Fließband, Taylorismus) verbunden ist, verweist in diesem Zusammenhang auf die generelle Bedeutung des organisatorischen Wandels - besonders jener der Arbeitsorganisation - für den Produktivitätsfortschritt.

Neben dem technologisch-organisatorischen ist in den letzten Jahren verstärkt der institutionelle Wandel in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Unter Institutionen versteht man ganz allgemein ein System formeller und informeller Werte und Normen. Dazu gehören z.B. die Sozialstruktur, spezifische Organisationsformen, das Rechtssystem, das politische Regime sowie religiöse und ideologische Vorstellungen.²³ Besonders der Wandel des Arbeitsethos ist dabei zu einem brisanten Diskussionsthema geworden.²⁴ Institutionen

²² Baumol et al. (1991).

²³ Grundlegend North (1988). Vgl. auch Richter / Furubotn (1996). Einen umfassenden Überblick gibt demnächst das Handbuch zur Evolutorischen Ökonomik, Bd. II: Evolutorische Ökonomik in der Anwendung, hg. v. Herrmann-Pillath / Lehmann-Waffenschmidt (2003).

²⁴ Küng (1994).

liefern nicht nur Orientierungskriterien für unser tägliches Leben, sie vermindern auch Unsicherheiten bei Tauschbeziehungen und verkörpern, nicht zuletzt, die gesellschaftlich-kulturellen Leistungsanreize menschlichen Handelns. Institutionen sind damit eine wichtige Determinante der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft. Allerdings können Institutionen die wirtschaftliche Entwicklung auch behindern, indem sie die rationale Nutzung der Ressourcen hemmen. In diesem Zusammenhang wird gerade von der neueren Forschung betont, daß der technologisch-wissenschaftliche Erkenntnisprozeß alleine genau so wenig eine hinreichende Bedingung positiver Wirtschaftsentwicklung darstellt, wie die bloße Akkumulation von Realkapital. Es ist gerade die effiziente Kombination von technologisch-organisatorischem und institutionellem Wandel, die die wirtschaftliche Dynamik bestimmt.²⁵

3.3 Wirtschaftlicher Wandel durch Innovationen

Sind, wie unsere bisherigen Ausführungen gezeigt haben, der technologische, organisatorische und institutionelle Wandel neben der Bildung von Humankapital die Haupttriebkkräfte des Produktivitätsfortschritts, dann stellt sich als nächstes die Frage nach den Ursachen und Manifestationen dieses, die gesamte Kulturwelt des Menschen umfassenden Wandlungsprozesses. Bei der Suche nach einer Antwort auf diese Frage kommen die Innovationen ins Spiel. Sie sind jene Ereignisse, in denen sich das Neue und damit der historische Wandel manifestieren,²⁶ oder anders ausgedrückt, Innovationen führen zu technisch-ökonomischem und institutionellem Wandel. Art, Anzahl, Intensität und strukturelle Verflechtung der Innovationen bestimmen demnach Qualität und Quantität des historisch-ökonomischen Wandlungsprozesses. Unter Innovationen versteht man jedes Ereignis, mit dem eine Neuerung technischer, ökonomischer, organisatorischer, gesellschaftlicher oder institutioneller Art verbunden ist. Speziell in der wirtschaftswissenschaftlichen Forschung wird der Begriff der Innovation häufig insoweit enger gefaßt, als damit jene Neuerungen gemeint sind, die in irgend einer Weise ökonomisch von Bedeutung sind. Neben das Element der Novität tritt häufig das Moment der Verbesserung. Meist ist auch diese Fassung noch zu weit. Im engsten Sinne wird Innovation als die Umsetzung neuen Wissens, technischer oder nicht-technischer Art, in die Produktion verstanden, wobei man eine gesamtwirtschaftliche und eine betriebswirtschaftliche Betrachtung unterscheiden kann.²⁷

²⁵ Löchel (1995).

²⁶ Vgl. hierzu Meier (1994) und Neiryneck (1995).

²⁷ Besonders in der älteren Literatur wird der Innovationsprozeß häufig gleichgesetzt mit dem technischen Fortschritt. Dieser wiederum wird definiert als die Anwendung neuen Wissens in Form neuer Produkte, Produktionsmittel und Produktionsverfahren in der Wirtschaft. Obwohl diese Definition dem Verständnis von Innovation im engsten Sinne sehr nahe kommt, ist sie für eine historische Analyse zu eng.

Eine Innovation liegt zunächst einmal als ausgearbeitete Idee oder als Wissen darüber vor, wie man etwas Neues macht. Die bloße Existenz einer neuen Idee ist zwar eine wichtige, aber keine hinreichende Bedingung für eine innovative Entwicklung. Hinzukommen muß die unternehmerische Realisierung dieser Idee, wobei es durchaus sein kann, daß solche Realisierungsversuche nicht zu einem Markterfolg führen. Innovationsideen können aus vielerlei Anstößen hervorgehen: Anforderungen des Absatzmarktes, wobei die Kundenorientierung einen wichtigen Aspekt darstellt, Anforderungen der Zulieferer und der Gesetzgebung (Umweltschutz), Ausweitung der Produktpalette, Erhaltung des Marktanteils sowie Erschließung neuer Märkte. Dagegen kommt der Wissenschaft als Impulsgeber gegenwärtig eine geringere Bedeutung zu.

Innovationen sind damit das Ergebnis einer Reihe von unternehmerischen Aktivitäten, die zu neuen Formen der Leistungserstellung führen. Zu diesen Aktivitäten gehören Forschung und Entwicklung als zielgerichtete Ausweitung des Wissens, Design und Marketing, Aus- und Weiterbildung, Investitionen in neue Anlagen sowie organisatorische Änderungen und Verbesserungen des Produktionsprozesses (Arbeitskostensenkung, Produktionsflexibilität). Unternehmerisches Handeln spielt offensichtlich als jene Tätigkeit eine zentrale Rolle, bei der neue Ideen durch entsprechendes Handeln marktwirksam realisiert werden. Diese doppelte Herausforderung von Generierung und Verarbeitung von Ideen erfordert kontinuierliches Lernen, einen hohen Wissensstand und ein effektives Wissensmanagement. Damit wird Wissen neben Arbeit und Kapital zum strategischen Produktionsfaktor Nummer Eins. Neben Orientierungs- und Bildungswissen ist es besonders das sog. Anwendungswissen, dem eine bildungspolitisch zentrale Bedeutung zukommt. Sind es doch vor allem die wissensintensiven Branchen und Industrien, die in den letzten Jahren ein überdurchschnittliches Jobwachstum gezeigt haben.

Vom Begriff der Innovation ist der Begriff der Erfindung (Invention) zu unterscheiden. Hierunter versteht man jede Neuerung, die die technischen Möglichkeiten des Menschen erweitert.²⁸ Art, Anzahl und Intensität der Innovationen, die sich in aufeinanderfolgenden Zeiteinheiten ereignen, konstituieren den Innovationsprozeß. Dieser vollzieht sich als rekursiver, dynamischer Prozeß, dessen eigene Geschichte, das zeigt das Konzept der Pfadabhängigkeit, Einfluß auf den Prozeßverlauf hat. Eine wichtige Systematisierung ist die Einteilung von Innovationen nach ihrer Intensität. Dabei wird häufig zwischen Basisinnovationen und Folgeinnovationen unterschieden. Basisinnovationen sind grundlegende Neuerungen mit gesamtwirtschaftlicher oder branchenspezifischer Wirkung. Folgeinnovationen dagegen bedeuten die Weiterentwicklung und Perfektionierung grundlegender Neuerungen.

²⁸ Der Prozeß der Erweiterung technischen Wissens wird auch als technikwissenschaftlicher Erkenntnisprozeß bezeichnet.

Das gesamtwirtschaftliche Innovationspotential einer Volkswirtschaft - also die Fähigkeit Neues zu entdecken und umzusetzen - hängt offensichtlich von einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Faktoren ab: so z.B. vom allgemeinen Entwicklungsstand bzw. Bildungsniveau und damit dem Bildungssystem eines Landes (Humankapital), von den vorhandenen Forschungseinrichtungen, den Forschungsgeldern und den Erfahrungen im Bereich Forschung und Entwicklung, vom know-how-Transfer und von der Bereitschaft der Gesellschaft, den technologisch-institutionellen Wandel und seine Folgen zu tragen. Eine wichtige Triebfeder des Innovationsprozesses ist auch der marktwirtschaftliche Profitmechanismus, der die Unternehmer zwingt, nicht nur auf Neuerungen zu reagieren, sondern diese auch rasch zu realisieren, d.h. sie möglichst schnell im Produktionsprozeß einzusetzen.²⁹ Neben dem unternehmerischen Handeln, das natürlich auch von Ertragserwartungen und Kosteneinschätzungen bestimmt wird, spielen die in den Institutionen zum Ausdruck kommenden kollektiven Anreizstrukturen ökonomischen Handelns eine zentrale Rolle. Daß sich dieses Handeln nicht immer auf das Rational-Kalkül des Homo Economicus³⁰ reduzieren läßt, verweist in diesem Zusammenhang auf die Bedeutung der Individualität und damit auf die Historizität menschlichen Handelns. Hier kommt die bereits erwähnte Pfadabhängigkeit ins Spiel, die besagt, daß bestimmte Entwicklungen durch ihre eigene Vergangenheit bestimmt werden und nicht ohne diese versteh- und erklärbar sind.³¹

4. Indikatoren

Die große Herausforderung besteht nun zweifelsohne darin, diesen komplexen Innovationsprozeß empirisch-historisch anhand von Indikatoren zu beschreiben und typisierend bzw. generalisierend zu erklären und dabei seine zeitspezifi-

²⁹ Vgl. Rottmann (1995).

³⁰ Vgl. zu diesem Kirchgässner (1991).

³¹ Eine sehr anschauliche Beschreibung der Pfadabhängigkeit gibt Wieland (2000): „Der Begriff der Pfadabhängigkeit bezeichnet im Rahmen stochastischer Systeme eine dynamische Eigenschaft von Allokationsprozessen, die darin zum Ausdruck kommt, daß sich der Prozeßverlauf dauerhaft auf spätere Zustände auswirkt. Anders formuliert: Der Verlauf eines pfadabhängigen Prozesses ist eine Funktion seiner eigenen Geschichte. Damit gewinnen zeitlich entfernte Ereignisse einen wichtigen Einfluß auf das Ergebnis derartiger Prozesse, ohne sie deshalb zu determinieren. Denn: Pfadabhängige Prozesse sind nicht nur durch individuelle Irreversibilitäten, sondern auch durch Kontingenzen gekennzeichnet. An die Stelle eines globalen und singulären Gleichgewichts, dem sich in der neoklassischen Theorie ein System ohne Störeinflüsse annähert, tritt eine Vielzahl von lokalen Gleichgewichtszuständen, die ein pfadabhängiges System einnehmen kann. Entlang eines Pfades werden zwar alternative Entwicklungsstränge ausgeschieden, der weitere Prozeßverlauf bleibt jedoch offen und kann damit auch nicht vorhergesagt werden. Weshalb ein pfadabhängiges System diesen oder jenen Gleichgewichtszustand ansteuert, läßt sich also nur historisch begründen.“

schen Besonderheiten von generellen Entwicklungsmustern zu trennen. Den Indikatoren kommt dabei die Aufgabe zu, diesen Wandlungs- und Neuerungsprozess repräsentativ und intertemporal vergleichbar abzubilden. Angesichts der Vielschichtigkeit des Innovationsbegriffs und dem Pilotcharakter des Projektes haben wir uns auf die folgenden Datenbereiche, mit freilich unterschiedlichen Schwerpunkten, beschränkt:

- 1) Ökonomische Entwicklung und Strukturwandel,
- 2) staatliche Forschungs- und Wissenschaftsausgaben,
- 3) Humankapitalbildung,
- 4) Erfindungstätigkeit,
- 5) privatwirtschaftliche Forschungs- und Entwicklungsausgaben (F&E).

Forschungsarbeit an Hochschulen bzw. die Involvierung von Hochschulangehörigen in staatliche oder private F&E wurden, obwohl hier eine enge Verbindung zu Innovationen besteht, nicht berücksichtigt. Während die Bereiche 1) und 4) das Ergebnis von Innovationstätigkeiten indizieren und damit Outputindikatoren darstellen, repräsentieren die Bereiche 2), 3) und 5) jene Aktivitäten, die das Innovationspotential beeinflussen und damit Inputindikatoren liefern. Zu den Bereichen 1) bis 3) sind im Projekt ausgewählte Datensammlungen / Datensätze, die von der bisherigen Forschung, zum Teil unter völlig unterschiedlichen Fragestellungen zusammengetragen wurden, bearbeitet worden. Für einige davon ist die Bearbeitung gegenwärtig noch nicht abgeschlossen. Sie wird institutsintern weitergeführt. Die aufbereiteten Daten stehen in Form von Datenbanken/Dateien für die weitere Forschung zur Verfügung. Das Problem der Erfindungstätigkeit wurde von uns sowohl anhand von Patenten behandelt als auch in Zusammenhang mit einer Datenbank, die von Mitarbeitern des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Nürnberg zusammengestellt wurde. Auf das Problem der privaten F&E-Ausgaben wird in Zusammenhang des Maschinenbaus eingegangen. Historisch sind die privatwirtschaftlichen Ausgaben für F&E der am schwierigsten zu rekonstruierende Indikator, was hauptsächlich auf die Spärlichkeit der Quellen in den Firmenarchiven zurückzuführen ist.

4.1 Ökonomische Indikatoren

Im Zusammenhang der Rekonstruktion und Dokumentation ökonomischer Langfristindikatoren ist zunächst auf die Arbeiten von Hoffmann (1965) hinzuweisen, der die Kenngrößen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für das Gebiet des Deutschen Reiches bis 1850 zurückgerechnet hat. Seine Daten enden 1959. Die Hoffmannschen Angaben beziehen sich auf den jeweiligen Gebietsstand des Deutschen Reiches und sind deshalb für Langfristanalysen nur eingeschränkt verwendbar. Insgesamt stellen sie für die quantitative deutsche Wirtschaftsgeschichte nach wie vor eine unverzichtbare Datengrundlage

dar. Besonders hinzuweisen ist auf die von Hoffmann veröffentlichten Patentzahlen, die sich allerdings aus den Quellen nicht mehr eindeutig rekonstruieren lassen (vgl. unsere Ausführungen zur Patentstatistik, unten).

Wichtige makroökonomische Größen des Hoffmannschen Werkes sind durch neuere Forschungen revidiert bzw. vervollständigt und dabei teilweise auch international vergleichbar gemacht worden. Hier ist vor allem auf die umfangreichen Arbeiten von Angus Maddison hinzuweisen.³² Maddison hat für eine Vielzahl von Ländern Jahreszahlen zum realen Bruttoinlandsprodukt (BIP), absolut und pro Kopf der Bevölkerung, zusammengestellt, die teilweise bis 1820 zurückreichen. Maddison hat bei der Datenaufbereitung Gebietsveränderungen berücksichtigt und auch grobe Schätzungen für die Zeit der beiden Weltkriege, der Weltwirtschaftskrise und der deutschen Hyperinflation angegeben. Zur Ausschaltung von Preisveränderungen verwendet er die Kaufkraftparitäten, die den offiziellen Wechselkursen vorzuziehen sind. Neben jährlichen Angaben zum BIP finden sich bei Maddison auch lange Reihen zu Bevölkerung, Arbeitsinput, Preisindices und Außenhandelsumsätzen. Der von uns aufbereitete Datensatz umfaßt Angaben zur Bevölkerung, zum Index des realen BIP (1913=100), zum Niveau des gesamten realen BIP und zum realen BIP pro Kopf der Bevölkerung.³³

Ritschl/Spoerer (1997) haben in ihrer Untersuchung wichtige Sozialproduktreihen Deutschlands für die Zeit von 1901 bis 1949 rekonstruiert und dabei die Hoffmannschen Angaben zum Teil revidiert. Nach 1948 werden die Daten jeweils getrennt für die BRD und die DDR angegeben (eine detaillierte Beschreibung dieser Daten liefert die ZA-Studienbeschreibung S8137).

Einen weiteren Datensatz ökonomischer Indikatoren liefert die Untersuchung von Spoerer (1996).³⁴ Die Studie beschäftigt sich mit der Profitabilität der deutschen Industrie in den sogenannten „Goldenen Zwanzigern“ und im Dritten Reich und versucht die Fragen zu beantworten, ob die Gewinne der Industrie in den dreißiger Jahren, bedingt durch die enge Zusammenarbeit mit den Nationalsozialisten, höher oder niedriger ausgefallen sind als in „normalen“ Zeiten und ob die Gewinnentwicklung in den rüstungsrelevanten Branchen

³² Vgl. Maddison (1977), Maddison (1982), Maddison (1987), Maddison (1989), Maddison (1991a) und Maddison (1991).

³³ Angaben zum BIP in Millionen 1990-Geary-Khami Dollar jeweils für 17 industrialisierte Länder von 1820-1994 (Australien, Österreich, Belgien, Kanada, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Italien, Japan, Niederlande, Neu Seeland, Norwegen, Schweden, Schweiz, Großbritannien, USA); 5 südeuropäische Länder von 1820-1994 (Griechenland, Irland, Portugal, Spanien, Türkei); 7 osteuropäische Länder von 1820-1992 (Bulgarien, Tschechoslowakei, Ungarn, Polen, Rumänien, Sowjetunion, Jugoslawien); 7 lateinamerikanische Länder von 1820-1994 (Argentinien, Brasilien, Chile, Kolumbien, Mexiko, Peru, Venezuela); 10 asiatische Länder von 1820-1992 (Bangladesch, Burma, China, Indien, Indonesien, Pakistan, Philippinen, Süd-Korea, Taiwan, Thailand) sowie 10 afrikanische Länder von 1900-1992 (Elfenbeinküste, Ägypten, Äthiopien, Ghana, Kenia, Marokko, Nigeria, Süd-Afrika, Tansania, Zaire).

³⁴ Eine detaillierte Beschreibung dieser Daten liefert die ZA-Studienbeschreibung S8118.

günstiger war als in typischen Konsumgüterbranchen und schließlich, ob die staatlich forcierten Industriezweige sogar weniger profitabel waren als andere? Spoerer hat neben der Gewinnentwicklung und Eigenkapitalrentabilität der deutschen Aktiengesellschaften auch die durchschnittliche Eigenkapitalrentabilität der Industriebranchen ausgewiesen. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Durchschnittsrentabilität aller Industriebranchen im Vergleich zur Rentabilität im Maschinenbau bzw. der chemischen Industrie.

Im Rahmen ihres Schwerpunktes "Industriegesellschaften im Wandel" hat die Stiftung Volkswagenwerk von 1979 bis 1984 das Projekt "Vergleichende Analysen der Sozialstruktur mit Massendaten" (VASMA) gefördert. Auf der Grundlage der amtlichen Statistik zu den Volks- und Berufszählungen sowie den Betriebs-, Gewerbe- und Arbeitsstättenzählungen des Deutschen Reiches und der BRD seit 1875 befaßte sich das Projekt mit der EDV-Erschließung dieser Daten und einer Systematisierung der Berufs- und Arbeitsstättenstatistik. Ziel war es, die häufig sehr diffizilen Ergebnisse der statistischen Erhebungen über einen Zeitraum von 100 Jahren vergleichbar zu machen, wobei der Systematisierung der Berufs- und Wirtschaftszweige besondere Bedeutung zukam. Die in zwei umfangreichen Datenhandbüchern aufbereiteten und dokumentierten Daten liefern wichtiges empirisches Material für die Analyse des wirtschaftlichen und sozialen Wandels in Industriegesellschaften.³⁵

Teils auf den Daten des VASMA-Projektes aufbauend, teils diese weiterführend, ist das Projekt "Wandel der Berufsstruktur in Westeuropa, 1882-1970" zu nennen, das ebenfalls von der Stiftung Volkswagenwerk finanziert wurde. Das Projekt befaßte sich u.a. mit der Frage, wie sich die regionale Erwerbsstruktur in Deutschland in den zurückliegenden 100 Jahren verändert hat. Das entsprechende Datenhandbuch dokumentiert den Wandel der regionalen Erwerbsstruktur von 1882 bis 1970 auf der Grundlage von Berufs- und Volkszählungen im Deutschen Reich und in der BRD.³⁶ Die Dokumentationen basieren somit ausschließlich auf Veröffentlichungen oder Archivtabellen der amtlichen Statistik. Mit Hilfe des Langzeitvergleichs aller berufsrelevanten Indikatoren wie Erwerbsbranchen, Wirtschaftszweige und Tätigkeitsfelder, lassen sich die Hauptentwicklungslinien der Erwerbsstruktur sowohl auf nationaler wie auch auf regionaler Ebene sehr detailliert verfolgen, wobei die regionale Tiefengliederung einen wesentlichen Vorzug gegenüber den VASMA-Daten darstellt.

In unserem Projekt sind aus diesen Daten die Angaben sowohl zu den Erwerbspersonen als auch zu den Betriebsstätten erfaßt worden. Die Zahlen zu den Erwerbspersonen nach Branchen und Geschlecht in Deutschland von 1882-1982 (Angaben in 1000 und in Prozent) beziehen sich sowohl auf den Gebietsstand Deutschlands in den jeweiligen Grenzen als auch auf das Gebiet der BRD in den Grenzen bis 1990. Die Daten sind den Veröffentlichungen der Berufs-

³⁵ Vgl. Kleber/Willms-Herget (1981), Kleber/Ritter (1982), Stockmann/Willms-Herget (1985) und Stockmann (1987).

³⁶ Vgl. Hohls/Kaelble (1989) und Kaelble/Hohls (1989).

zählungen von 1882, 1895, 1907, 1925, 1933, 1939, 1950, 1961, 1970 und für 1982 den Daten des Mikrozensus entnommen.³⁷ Die Angaben zu den Betriebsstätten nach Branchen in Deutschland von 1875-1933 (Angaben in 1000 und in Prozent) beziehen sich auf den Gebietsstand Deutschlands in den jeweiligen Grenzen.³⁸ Die Daten sind den Veröffentlichungen der Gewerbe-, Betriebs- und

³⁷ Folgende Branchen und Wirtschaftszweige sind berücksichtigt: *Landwirtschaft* (Land- und Forstwirtschaft, gewerbliche Tierhaltung, gewerbliche Gärtnerei, Fischerei); *Bergbau* (Gewinnung fossiler Roh- bzw. Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas, Torf), Gewinnung von Erzen, Salzen und Mineralien); *Metallerzeugung* (Eisen- und Nicht-Eisen-Metallerzeugung (Hochöfen, Walzwerke), Gießereien und Stahlverformung); *Metallverarbeitung* (Schlossereien und Schmiedereien, Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren); *Maschinenbau* (Metall- und Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, Meßinstrumente, Musikinstrumente, Sportgeräte, Schmuck- und Spielwaren); *Chemische Industrie* (Chemische und pharmazeutische Industrie, Kohlewertstoffindustrie und Mineralölverarbeitung, Kunststoff-, Gummi- und Asbestverarbeitung); *Textilindustrie* (Aufbereitung und Herstellung von Spinnstoffen, Garnen, Geweben, Wirk- und Strickwaren, Veredelung von Textilwaren (Bleichen, Färben, etc.)); *Bekleidungsindustrie* (Herstellung von Wäsche, Oberbekleidung, Hüten, Schirmen, Pelzwaren, etc., Möbel- und Matratzenpolstereien); *Nahrungsmittelindustrie* (Nahrungsmittelgewerbe, Genußmittel, Tabak, Gewürze, Futtermittel); *Andere Industrien* (Leder- und Schuhindustrie, Holzbe- und -verarbeitung, Herstellung von Möbeln und Flechtwaren, Papier- und Druckindustrie, Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden, Feinkeramik und Glasgewerbe); *Baugewerbe* (Bauhauptgewerbe (Hoch- und Tiefbau, Zimmererei und Dachdeckerei), Ausbau- und Bauhilfsgewerbe); *Versorgungsleistungen* (Energiewirtschaft (Elektrizität, Gas, Dampf), Wasserversorgung, Müllabfuhr, Straßenreinigung, Kanalisation); *Produzentendienste* (Rechts- und Wirtschaftsberatung, Werbewesen, Haus- und Vermögensverwaltungen, Kredit- und Finanzierungsinstitute, Versicherungsgewerbe, Messewesen, Nachrichtenbüros, Schreib- und Übersetzungsbüros, Ingenieurbüros); *Verkehr* (Deutsche Bundespost, Deutsche Bundesbahn, Verkehr zu Lande, auf dem Wasser und in der Luft, Speditionen und Reiseveranstalter); *Handel* (Groß- und Einzelhandel, Handelsvermittlung, Verlage); *Soziale Dienste* (Organisationen ohne Erwerbscharakter (Wohlfahrtspflege, Sport- und Jugendpflege, etc.), Kirchen, Orden und religiöse Vereinigungen, Bildungswesen und wissenschaftliche Einrichtungen, Gesundheits- und Veterinärwesen, hygienische Einrichtungen, Sozialversicherungen); *Öffentliche Dienste* (Gebietskörperschaften, Militär, Öffentliche Sicherheit, Verbände und Parteien); *Persönliche Dienste* (Gaststätten und Beherbergungsgewerbe, Reinigungs- und Körperpflege, Kultur-, Unterhaltungs- und Vergnügungsgewerbe, Private Haushalte, sonstige persönliche Dienste (Leihäuser, Photographen, etc.)); *Sonstige Erwerbstätigkeit* (Erwerbspersonen ohne Angabe zur Frage nach dem Wirtschaftszweig, saisonale Lohnarbeit wechselnder Art).

³⁸ Folgende Branchen und Wirtschaftszweige sind berücksichtigt: *PRODUZIERENDES GEWERBE*: *Primärgütergewinnung* (Nichtlandwirtschaftliche Gärtnerei und Tierzucht, Hochseefischerei, Bergbau, Energie – auch Heiz- und Leuchtstoffe bis 1907 –, Wasser, Hütten- und Salinenwesen, Torfgräberei); *Grundstoff-, Produktions-, Investitionsgütergewerbe* (Steine und Erden, Eisen- und Metallverarbeitung, Stahl-, sowie Maschinen- und Fahrzeugbau, Instrumente, Apparate, Werkzeuge, Optik und Feinmechanik – auch Musikinstrumente, Spielwaren, Schmuck –, Elektrotechnik, Chemie); *Verbrauchsgütergewerbe* (Nahrung und Genuß, Leder, Bekleidung, Textil, Holzverarbeitung, Papier, Druckgewerbe); *Baugewerbe* (Baugewerbe); *DIENSTLEISTUNGSGEWERBE*: *Verteilende Dienstleistungen* (Handel, Verkehr, Verlagswesen); *Gewerbliche Dienstleistungen* (Kredit, Versicherung, Architektur, Ingenieurbüros, Laboratorien, Rechtsberatung); *Soziale und persönliche Dienstleistungen* (Gesundheit, Bildung, Gaststätten, Veterinärwesen, Reinigung).

Arbeitsstättenzählungen von 1875, 1882, 1895, 1907, 1925 und 1933 entnommen. Da bis 1933 die Gewerbegruppen, ab 1950 aber nur fünf Wirtschaftsbereiche dokumentiert sind, sind die Reihen nicht über den gesamten Zeitraum in der anfänglichen Feingliederung rekonstruierbar. Die Abbildung 9 zeigt aus diesen Daten die Beschäftigtenanteile für den Stahl- und Maschinenbau. Die Abbildung 10 repräsentiert Zahlen aus der Betriebsstättenstatistik für dieselbe Branche.

4.2 Staatliche Forschungs- und Wissenschaftsausgaben

Im Rahmen des Projektes "Wissenschaftsentwicklung in Deutschland 1850-1975" wurden von Frank R. Pfetsch für die Jahre von 1850 bis 1975 für die Haushalte der größten Bundesstaaten und des Reiches die Wissenschaftsausgaben rekonstruiert. Ermittelt wurden die staatlichen Ausgaben in Preußen, Bayern, Sachsen, Württemberg und Baden sowie die Finanzierung von Seiten des Norddeutschen Bundes und des Reiches bzw. der BRD incl. der Bundesländer. Bis in die Jahre des II. Weltkrieges wurden die Wissenschaftsausgaben jährlich erfaßt, danach aus arbeitsökonomischen Gründen nur im Fünf-Jahres-Rhythmus. Die Ergebnisse des Projektes sind in einem Datenhandbuch zusammengefaßt.³⁹ Es zeigt die Zuordnung der einzelnen Etatposten zu Ressorts, Institutionen- und Funktionsbereichen, Wissenschaftsdisziplinen und -zielen sowie wissenschaftlichen Aktivitäten. Die Daten erlauben damit Analysen staatlicher Wissenschaftsausgaben auf verschiedenen Aggregationsebenen. Gegenwärtig wird an der Erstellung einer Access-Datenbank zu dieser Studie gearbeitet. Sie soll einen einfacheren Zugriff auf die vielschichtig vernetzten Indikatoren erlauben.⁴⁰

4.3 Humankapitalbildung

Für den Bereich der Humankapitalbildung wurden Daten aus dem Projektverbund "Deutsche Bildungsstatistik 1800-1945" aufbereitet.⁴¹ Von 1977 bis 1981 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) vier verschiedene Projekte unter dem Namen QUAKRI gefördert (QUAKRI steht als Kürzel für das Kennwort des DFG-Erstantrags „Qualifikationskrisen 1867-1945 in Preußen unter besonderer Berücksichtigung ausgewählter Berufsgruppen“). Die Projekte hatten das Ziel, auf breiter empirisch-statistischer Grundlage den langfristigen Strukturwandel des Bildungswesens in Deutschland zu rekonstruieren und zu analysieren. Der Schwerpunkt des Projektes konzentrierte sich auf zwei Teilbe-

³⁹ Pfetsch (1985), vgl. auch Pfetsch (1974).

⁴⁰ Der Datensatz liegt zur Zeit lediglich als SPSS-File vor. Eine detaillierte Beschreibung der Daten liefert die ZA-Studienbeschreibung S8051.

⁴¹ Eine detaillierte Beschreibung der Daten liefert die ZA-Studienbeschreibung S8142.

Teilbereiche des Bildungswesens: höheres Schulwesen sowie Universitäten und höherer Lehrerstand. Die umfangreichen Datenbestände, die für die Analyse verschiedener Subsysteme - vom Elementarschulwesen bis zum Hochschulwesen - erarbeitet wurden, sind in Datenhandbüchern veröffentlicht. Das Datenmaterial ermöglicht differenzierte Einblicke in die Struktur kollektiver Bildungsprozesse. Ein wesentliches Ziel des Verbundprojektes war es, zu tieferen Einsichten in die strukturellen Bedingungen und sozialen Mechanismen der modernen Bildungsselektion als akademische Statusrekrutierung zu gelangen. Die systematische Erarbeitung einer umfangreichen historischen Bildungsstatistik stellte deshalb eine notwendige Voraussetzung für die Durchführung der ins Auge gefaßten Analysen dar. Ferner galt das Interesse dem systematischen Zusammenhang von Überfüllungs- und Mangelphasen (als ‚Störungen‘ des Gleichgewichts zwischen Bildungs- und Beschäftigungssystem). Um die vermutete periodische Wiederkehr von Überfüllungs- und Mangelphasen abbilden zu können, empfahl sich die historisch vergleichende Längsschnitt-Betrachtung über einen entsprechend langen Untersuchungszeitraum. „Die historisch vergleichende Längsschnitt-Analyse läßt erkennen, daß der funktionale Zusammenhang von Bildungssystem und akademischem Beschäftigungssystem in ‚Disharmonie als einem Normalzustand‘ besteht. In diesem Bereich des gesellschaftlichen Lebens ist nicht ‚Gleichgewicht‘ das Normale, sondern das mehr oder weniger disharmonische ‚Ungleichgewicht‘“⁴²

Das Datenmaterial, das in zwei Datenhandbüchern⁴³ dokumentiert ist, umfaßt die historische Studentenstatistik in Form von Langzeitreihen. Im ersten Teilband sind die aggregierten Daten für den Hochschulbesuch auf gesamtstaatlicher Ebene dokumentiert. Über die Universitäten hinaus sind vor allem auch die Technischen Hochschulen einbezogen worden, um auf breiter Datenbasis den relativen Hochschulbesuch in Deutschland für lange Zeiträume berechnen zu können. Im zweiten Teilband sind die Daten für den langfristigen Universitätsbesuch in Deutschland auf der Ebene der einzelnen Hochschulen dokumentiert.⁴⁴ Mit der semesterweisen Aufnahme des Bestands an wissenschaftlichen Einrichtungen (Seminare, Institute, Kliniken etc.) an den einzelnen Hochschulen vom frühen 19. Jahrhundert bis zum Ende des II. Weltkrieges wird der langfristige Prozeß der institutionellen Differenzierung der deutschen Hochschulen dokumentiert.

Die Daten sind im Projekt in eine Access-Datenbank überführt worden.⁴⁵ Die Datenbank stellt eine digitale Kopie der zwei Datenhandbücher dar. Aus der Datenbank können die Daten in zwei verschiedenen Arten ausgewählt werden: 1) Als vollständige oder Teiltabelle mit denselben Daten, wie sie in

⁴² Titze (1990) S. 23.

⁴³ Titze et al. (1987) und Titze et al. (1995).

⁴⁴ Vgl. Titze (1985), Titze (1987) und Müller/Zymek (1987).

⁴⁵ Diese ist als CD-Rom auf Anfrage beim Zentralarchiv erhältlich.

einem der beiden Datenhandbücher zu finden sind. 2) Als Tabelle, deren Zeitreihen vom Benutzer selbst zusammengestellt werden können. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen zwei Abfragemasken der Datenbank. Die Abbildung 13 zeigt exemplarisch die Reihe der männlichen Studenten im Fach Chemie im Reich von 1903 bis 1941.⁴⁶

4.4 Erfindungstätigkeit

Im Zusammenhang der Frage nach der Erfindungstätigkeit haben wir uns mit den Patentschriften und der Patentstatistik - vornehmlich unter einer historischen Perspektive - auseinandergesetzt. Die damit verbundenen Probleme werden exemplarisch auch bei unserer Darstellung des Maschinenbaus aufgegriffen (vgl. unten). Darüber hinaus haben wir uns eingehend mit einer Datenbank zu Innovationsereignissen beschäftigt, die von Mitarbeitern des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Nürnberg zusammengestellt wurde und seit 1999 im Zentralarchiv archiviert ist.

4.4.1 Patentschriften und Patentstatistik - eine historische Perspektive

Während die Bildung von Humankapital und die Ausgaben für F&E neben den institutionell bedingten Anreizstrukturen ökonomischen Handelns die bedeutendsten Inputfaktoren für Innovationen darstellen, sind Patente nach wie vor einer der wichtigsten Output-Indikatoren.⁴⁷ Patente repräsentieren - mit Einschränkungen - die Erweiterung des technischen Wissens und damit das technisch wissenschaftliche Innovationspotential einer Volkswirtschaft. Unser Wissen um die Funktion von Patenten im Kontext des Produktivitätswachstums basiert einerseits auf den Patentschriften, bzw. deren Inhalt sowie andererseits auf den Reihen zur Patentstatistik. Die Patentschriften zeigen die Breite und Vielfalt erfinderischen Handelns und enthalten damit eine Menge der für die Innovationsforschung wichtigen Informationen. Bezüglich einer Auswertung der Patentschriften ist jedoch anzumerken, daß allein ihre Anzahl einen einfachen und schnellen Zugang verhindert. Die Gesamtzahl der in Deutschland angemeldeten Patente erhöhte sich von 25.165 im Jahr 1901 auf 56.217 im Jahr 1938. In Westdeutschland wurden 1950 53.375 und 1961 58.187 Patente angemeldet. Bis 1990 verringerte sich diese Zahl auf 40.451. Nach der Wiedervereinigung ist die Zahl der Patentanmeldungen wieder gestiegen. 1998 betrug sie 83.338. Addiert man - beginnend mit 1878 - die Anzahl der jährlich erteil-

⁴⁶ 1919 und 1940 beziehen sich die Angaben auf Trimester.

⁴⁷ Weitere Output-Indikatoren sind z.B. der Export von Lizenzen sowie die sich in der wissenschaftlichen Literatur niederschlagenden Ergebnisse der Grundlagenforschung. Vgl. hierzu auch Wagner-Döbler (1997).

ten Patente, dann sind bis 1943 745.710 und bis 1993 1.633.600 Patente erteilt worden.⁴⁸

Im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen steht die Frage nach Bedeutung und Stellenwert von Patentschriften und der Patentstatistik für die Innovationsforschung aus der Sicht des Historikers. Diese Perspektive erscheint uns deshalb wichtig, weil die Frage nach der Indikatorfunktion von Patenten - vor allem bei ihren Kritikern - nur allzu häufig aus den Erfahrungen der Gegenwart behandelt wird und damit die Bedeutung der Patente in ihrem zeitgenössischen Kontext ungerechtfertigterweise ausgeblendet wird. Ein weiterer Punkt der uns in diesem Zusammenhang wichtig erscheint: Unser empirisches Wissen um die Indikatorfunktion von Patenten basiert auf den gegenwärtig verfügbaren langen Reihen zur Patentstatistik. Es bleibt zu fragen, inwieweit diese ein repräsentatives, historisch konsistentes Abbild der Erfindungstätigkeit in Deutschland von 1870 bis 1950 bieten bzw. die Analyse desselben erlauben.

Patentschriften enthalten eine Menge wichtiger Informationen, die, bei allen Einschränkungen, im Rahmen zahlreicher Forschungsfragen relevant sind. Sie zeigen in ihrer Breite die Vielfalt erfinderischen Handelns und werden mit Recht als Indikator erfinderischer Aktivitäten bzw. als Output-Indikator für F&E-Prozesse herangezogen. Bedenkt man, daß viele grundlegende Erfindungen erst durch marginale oder teilweise langwierige kleinschrittige Modifizierungen zu wirklichen Innovationen wurden, so kann man den scheinbar sekundären Patentierungen ihre Bedeutung im Innovationsgeschehen nicht generell absprechen. Ein Beispiel hierfür ist der häufig zitierte, nach seinem Erfinder Rudolf Diesel benannte "Motor", der im Jahr 1893 unter der Nummer 67207 patentiert wurde, von dem Diesel jedoch selbst wußte, daß er in seiner patentierten Form nicht realisierbar war. Erst vier Jahre später entstand der erste Prototyp eines wirklichen Dieselmotors, der über viele Zwischenschritte in den 1920er Jahren in Straßenfahrzeuge und Flugzeuge eingebaut werden konnte.⁴⁹

Im Folgenden wird zunächst auf die Patente und das Patenterteilungsverfahren eingegangen. Daran anschließend werden anhand einer Stichprobe aus dem Bereich Maschinenbau die recht heterogenen Inhalte der Patentschriften sowie die aus ihnen extrahierbaren Informationen diskutiert. Dabei wurde eine Stichprobe von Patentschriften inhaltlich ausgewertet. In einem nächsten Abschnitt wird die Patentstatistik behandelt. Dabei werden einerseits die vom Patentamt veröffentlichten Zahlen, sowie andererseits die bislang in der Forschung zusammengestellten langen bzw. aus Datenbanken extrahierbaren Reihen betrachtet. Schließlich wird kurz auf den analytischen Nutzen der Patentstatistiken eingegangen.

⁴⁸ Von 1944 bis 1949 sind keine Patente erteilt worden.

⁴⁹ Vgl. Reuß (1993).

4.4.2 Patente und ihre Erteilung

4.4.2.1 Grundlage des Patentschutzes

Bevor 1877 das deutsche Patentgesetz verabschiedet und das Kaiserliche Patentamt eingerichtet wurde, waren fast 30 Jahre der Auseinandersetzung vergangen, während derer die Gegner des Erfindungsschutzes versucht hatten, die in vielen deutschen Einzelstaaten bestehenden Gesetze zu diesem Thema zu Fall zu bringen bzw. eine obligatorische Einführung derselben im Rahmen des Deutschen Zollvereins zu verhindern. Zentrale Frage war dabei gewesen, ob der gewährte Schutz nicht gleichzeitig ein Hemmnis für die Wirtschaft darstelle, da er einen freien Austausch von Wissen behindere. Das Problem schien sich in den 1860er Jahren zunächst zu Gunsten des Patentgegner zu entscheiden, doch überwog nach der vollzogenen Einigung Deutschlands 1871 sowie der Wirtschaftskrise 1873/74 das protektionistische Moment und es kam zur nationalen Gesetzgebung.⁵⁰ Damit wurde aufgrund der perzipierten Gefahren für das neue nationale Wirtschaftssystem und der energischen Argumentation von Industrievertretern, wie etwa Werner Siemens, ein entsprechendes Gesetz geschaffen. Zwar spielten die Erfahrungen mit Patentgesetzen aus den deutschen Ländern eine wichtige Rolle bei der Diskussion im Reichstag. Doch die Resonanz auf derartige Gesetze war im Laufe des 19. Jahrhunderts relativ gering geblieben, so daß hier nicht von einer ausreichenden Erfahrung mit positiven oder negativen Auswirkungen des Erfindungsschutzes ausgegangen werden kann.⁵¹ Die Abbildung 14 zeigt eben diese Resonanz, daß sich nämlich bis zur Reichsgründung nur wenige Erfinder bzw. Entwickler zu einer Patentanmeldung durchringen konnten oder wollten.

Der Staat folgte damit den Forderungen der Wirtschaft, v.a. der Industrie, deutscher Entwicklungstätigkeit eine Schutzmöglichkeit zu bieten. Nach Rudolf Boch war das "Patentgesetz [...] ein erster Schritt hin zu einer aktiven Wirtschaftspolitik des Staates"⁵² und damit ein Teil des gouvernementalen Beitrages zu Forschung und Entwicklung. Ob dieser Schutz tatsächlich einen positiven Erfolg nach sich ziehen würde, war zu diesem Zeitpunkt noch nicht abzusehen. Eine Frage, die auch heute noch, wenn auch in anderen Zusammenhängen, kontrovers diskutiert wird.

Der enorme Anstieg von Anmeldungszahlen zeigt das Interesse von Unternehmen und privaten Erfindern an der neuen Schutzmöglichkeit. Das Anwachsen des Bestandes verdeutlicht zudem ein zentrales Problem des Patentamtes. Bei der zunehmenden Zahl an zu prüfenden Schriften, war es schwierig, den Überblick zu behalten, wobei man natürlich auch die Fluktua-

⁵⁰ Vgl. zur historischen Entwicklung Machlup (1964), bes. S. 236-239.

⁵¹ Vgl. zur Kontroverse um das Patentgesetz Pietzker (1991), S. 425-428.

⁵² Boch (1999b), S. 79.

tion hinsichtlich verfallener Patente berücksichtigen muß (vgl. Abbildung 15, die linke Ordinate nennt die Anzahl der erteilten Patente).

4.4.2.2 Das Patenterteilungsverfahren

Ein wichtiger Grund für die zeitlichen Verzögerungen zwischen Anmeldung und Erteilung eines Patentes sind die rechtlichen Anmeldebedingungen und das Prüfverfahren der angemeldeten Erfindung. Diese Verzögerung wurde bereits vor dem I. Weltkrieg kritisiert.⁵³ Sie ist in unserem Zusammenhang deshalb wichtig, weil damit die zeitlich verordneten Zahlen der Patenterteilungen ein zunächst unbestimmtes time-lag zum Erfindungszeitpunkt implizieren. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die Zeitreihen der Patentanmeldungen einen aussagekräftigeren Indikator für die Erfindungstätigkeit darstellen als die Reihe der Patenterteilungen. Ganz generell ist jedoch der Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Aufkommen der Patentanmeldungen und der Patenterteilungen von besonderem Interesse und sollte noch genauer untersucht werden.

Das Patenterteilungsverfahren durch Anmeldung, Prüfung und Erteilung zu kennzeichnen, ist natürlich eine grobe Vereinfachung. Es muß differenziert werden, will man die teilweise mehrere Jahre währenden Verfahren und deren Bedeutung für die Qualität daraus abgeleiteter Indikatoren verstehen. Denn es sind letztendlich die formal-juristischen Richtlinien und ihre jeweilige historische Veränderung, die darüber entscheiden, in welcher Weise hier jene institutionelle Konstanz gegeben ist, die für die Bildung langer Zeitreihen aus den zeitgenössischen Statistiken notwendig ist. Ändert sich nämlich durch die jeweiligen Rechtsvorschriften und Bearbeitungsmodi der Bedeutungsgehalt und Verknüpfungszusammenhang der zeitgenössischen Statistiken, so lassen sich diese nicht unbedenken zu langen historischen Zeitreihen aggregieren. Die Bedingungen der Zuverlässigkeit besagter Aggregation hervorzuheben, wäre eine wichtige Aufgabe weiterführender historischer Arbeit. Doch zunächst einige historische Anmerkungen.

Vom Patentschutz ausgeschlossen waren sittenwidrige Erfindungen, Nahrungs-, Genuß- und Arzneimittel sowie auf chemischem Wege hergestellte Stoffe. Voraussetzung für die Erteilung aller anderen "neuen" Erfindungen war nach Abs.1, §1 des Patentgesetzes eine gewerbliche Verwertung. Eine Erfindung galt nicht als neu, "wenn sie zur Zeit der auf Grund dieses Gesetzes erfolgten Anmeldung in öffentlichen Druckschriften bereits derart beschrieben oder im Inlande bereits so offenkundig ist, daß danach die Benutzung durch andere Sachverständige möglich erscheint."⁵⁴ In diesen Prämissen werden bereits diejenigen Probleme deutlich, welche die Rechtsprechung und die juristische Diskussion in den kommenden Jahrzehnten beschäftigen sollte. Es sollten nämlich die Neuheit und die Verwertbarkeit nachgewiesen werden und

⁵³ Vgl. Beier/Moufang (1991).

⁵⁴ Patentgesetz (1877).

es wurden nur solche Inventionen patentiert, die in allen ihren Teilen noch nicht bekannt waren. Alle anderen wurden vom Patentschutz ausgenommen. Diese Formalia waren erste Hürden, die eine Anmeldung überwinden mußte.⁵⁵

Ferner stand das Recht auf den Patentschutz bis 1936 dem ersten Anmelder und nicht dem Erfinder zu. Erst die Nationalsozialisten führten das Erfinderprinzip ein, allerdings im Rückgriff auf die Ergebnisse einer Diskussion, die bereits im Kaiserreich eingesetzt hatte. Nach erfolgter Anmeldung wurde der Anmeldungsgegenstand auf seine Patentfähigkeit geprüft, wobei bereits die ersten Anmeldungen wegen formaler Fehler eliminiert wurden. Diese Tatsache wird in der Abbildung 16 deutlich.

Die dann folgende Bekanntmachung der Anmeldung gewährte einen vorläufigen Schutz und nach einer achtwöchigen Einspruchsfrist, oder der Beendigung eines eventuellen Einspruchsverfahrens, wurde über die Patenterteilung entschieden. Die patentierte Erfindung mußte so beschrieben werden, "daß danach die Benutzung derselben durch Sachverständige möglich" war (PatG §20, Abs.1). Und nach einer erfolgten Erteilung stand jedem Dritten das Recht zu, in die Patenterteilungsakte Einblick zu nehmen. Der maximale Patentschutz wurde auf 15 Jahre festgelegt, wobei die jährlich zu entrichtenden Gebühren progressiv stiegen, was eine volle Ausschöpfung dieser maximalen Schutzfrist zu einer teuren Angelegenheit machte. Ab 1891 konnte dann noch innerhalb einer fünfjährigen Ausschußfrist ab Bekanntmachung ein Nichtigkeitsverfahren gegen erteilte Patente angestrengt werden.

Bis zur großen Patentrechtsreform im Jahre 1936 erfolgten über einen Zeitraum von 40 Jahren nur kleinere Veränderungen im Verfahrensrecht. Während des I. Weltkrieges gab es etwa eine sog. "gewerbliche Kriegsfürsorge", durch die Verfahren vereinfacht bzw. Fristen verlängert wurden, um die Probleme z.B. der zum Militärdienst eingezogenen Patentnehmer zu mildern. Mit dem Reformgesetz vom 9. Juli 1923 wurde die Patentlaufzeit von 15 auf 18 Jahre verlängert, aber die seit Anfang des Jahrhunderts diskutierte grundlegende Reform scheiterte mehrmals.

1936 wurden dann lange aufgeschobene Änderungen legislativ verankert, wie etwa die Einführung einer sechsmonatigen Neuheitsschonfrist für eventuell unbedacht getroffene Veröffentlichungen in der Patentanmeldung sowie das Erfinderprinzip. Ab dieser Zeit wurden von Rechtsprechung und Literatur nicht nur der Nachweis des Kriteriums der Neuheit verlangt, sondern auch der Erfindungshöhe, d.h. die Erklärung, in welchem Kontext die Erfindung gemacht worden war. Ferner führte der Gesetzgeber eine Reihe finanzieller Erleichterungen ein, die wirtschaftlich schwachen Beteiligten in patentamtlichen und gerichtlichen Verfahren helfen sollten. Wichtige, während des II. Weltkrieges beschlossene Maßnahmen waren 1941 die Abschaffung der fünfjährigen Prä-

⁵⁵ Vgl. zu den Voraussetzungen der Patentfähigkeit, die hier nicht angesprochen werden können, Pietzcker (1991) sowie für die Diskussion um das Problem des Patenterteilungsverfahrens Gramm (1991).

klusivfrist und 1943 die Patenterteilung ohne vorherige Bekanntmachung und Einspruchsmöglichkeit. Mit dem Jahr 1945 brach dann eine vierjährige sog. "patentlose Zeit" an, die erst mit den provisorischen Anmeldestellen in Darmstadt und Berlin Ende 1948 ihren Abschluß fand. Die in dieser Zeit nicht mehr erteilten Patente, v.a. aus der Zeit der letzten Kriegsjahre, wurden dann durch das neue Deutsche Patentamt in München aufgearbeitet. Die Phase zwischen Kapitulation und Gründung der Bundesrepublik wurde dabei jedoch nicht als Laufzeit gewertet (vgl. hierzu das unten in Abs. 4.4.3.2 genannte Patent #891042).

4.4.3 Patentschriften und ihr Inhalt

4.4.3.1 Die Patentschrift als historische Quelle

Eine Patentschrift enthält zahlreiche Informationen, die allerdings für die Zeit vor 1969 noch nicht systematisch ausgewertet wurden, was vor allem daran liegt, daß die Patentschriften nicht in maschinenlesbarer Form vorliegen.⁵⁶ Auswertungsmöglichkeiten historischer Patentschriften illustrieren die Arbeiten von John Cantwell. Er stellte in Zusammenarbeit mit dem U.S. Patent and Trademark Office eine Datenbank zusammen, die Patente zwischen 1890 und 1962 hinsichtlich dem Patentnehmer und seiner Herkunft sowie der Patentierungstätigkeit großer Firmen ausweist (ab 1963 liegen die Patente vollständig maschinenlesbar vor). Cantwell konnte anhand dieser Datenbank sowohl zentrale Technologiefelder nachweisen, als auch wichtige ausländische Patentnehmer in den USA benennen.⁵⁷

4.4.3.2 Inhalt und Aufbau der Patentschriften

Um Aspekte einer solchen Auswertung anhand deutscher Patentschriften aus den Jahren 1877 bis 1950 zu demonstrieren, wurde von uns im Patentinformationszentrum der RWTH-Aachen aus dem Technikfeld Maschinenbau eine Untergruppe per Zufall ausgewählt und aus ihr eine Stichprobe gezogen. Bei der Zufallsauswahl ergab sich mit der Gruppe der Drehbänke ein Bereich, der zwar bis zum Aufkommen der CNC-Technologie als nicht besonders innovativ gilt, der jedoch eine gute Ausgangsbasis für die Darstellung von Aufbau und Inhalt der Patentschriften ist.

Das Patentinformationszentrum stellt die entsprechenden Patentschriften nach ihrem Inhalt geordnet zusammen, d.h., daß es aufgrund der Änderungen im Gruppensystem zu Veränderungen in der auf der Frontseite der Schrift vermerkten Klassifikation kommt. Die ausgewertete Box enthielt 292 Schriften, beginnend mit dem Patent Nr. 11522 (patentiert ab 30. April 1880) und

⁵⁶ Vgl. jedoch unsere Ausführungen zur Datenbank EDOC in Kap. 4.4.2.2, unten.

⁵⁷ Cantwell (1995); vgl. auch Andersen (1999) und Barrera (1994).

endend mit dem Patent Nr. 977349 (patentiert ab dem 6. Oktober 1951, erteilt jedoch erst am 23. Dezember 1965 (!)). Eine zweite Box, welche nicht näher untersucht wurde, enthielt alle Patente mit laufenden Nummern über einer Million, ab denen eine Änderung der Veröffentlichungsrichtlinien in Kraft trat (Stichwort: Auslegeschriften). Der Inhalt der ersten Box bestand jedoch noch aus den "klassischen" Patentschriften.

Die Patente wurden zunächst nach dem sog. Ausgabedatum der Schriftstücke sortiert, welches die detaillierte Bekanntmachung darstellt. Daraus wurde eine Zufallsstichprobe von 58 Patentschriften gezogen.⁵⁸ 11 dieser Schriften, auf die im folgenden mittels der Patentnummer (#Nummer) verwiesen wird, wurden eingescannt und stehen dem Leser als PDF-Datei zur Verfügung.⁵⁹ Bei der Auswertung standen folgende Fragen im Vordergrund:

- 1) Wie gestaltet sich der Aufbau der Patentschriften?
- 2) Welche zeitlichen Angaben werden vermerkt, die auf die Dauer des Patenterteilungsverfahrens hinweisen?
- 3) Welche Personen bzw. Institutionen werden im Patent genannt und in welcher Form? (Stichwort: Erfinder)
- 4) Wie wird auf das technische Grundlagenwissen hingewiesen? (Stichwort: Erfindungshöhe)
- 5) Welche bibliographischen Angaben sind vorhanden?
- 6) Wie sieht eine mögliche Kozitation der Patentschriften aus?

Der inhaltliche Vergleich brachte folgende Ergebnisse:

1. Der formale Aufbau der Patentschriften⁶⁰ ist bei wechselndem Umfang (zwischen 2 und 9 Seiten) ungefähr gleich. Einem Kopfteil sind Patentnummer, Klassifikation, Ausgabedatum, Patentnehmer und der Titel zu entnehmen. Es folgen eine Beschreibung und eine obligatorische technische Zeichnung. Die Unterschiede im Umfang der Patentschriften werden deutlich, wenn man sich zum einen das Patent #346875 der Maschinenfabrik Oberschöneweide ansieht, welches nur ein Drittel eines DIN A4-Blattes für die Beschreibung eines einfachen Verfahrens benötigt, während sich im Gegenzug ein Emil Harbeck wenige Jahre später eine komplette Drehbank patentieren läßt (#413796). Der Stil der Darstellung ist dabei durch einen gewissen Formalismus geprägt.

2. Wurde in den Anfängen des Patentierungsverfahrens lediglich der Beginn des Patentschutzes und das Ausgabedatum der Patentschrift vermerkt (z.B.

⁵⁸ Die Stichprobe beginnt der Reihenfolge nach beim dritten Patent und erfaßt jedes fünfte Schriftstück.

⁵⁹ s. <http://www.gesis.org/Forschung/HSF/Innovationsindikatoren/>.

⁶⁰ Die Schriften liegen, obwohl die Findmittel anderes vermuten ließen, alle in lateinischen Schrifttypen vor, was sie bei einer guten Kopie für Scans und die Bearbeitung mit einer OCR-Software geeignet macht.

#23697), so wurden diese Angaben in der Weimarer Republik durch zusätzliche Zeitangaben ergänzt. Ab der zweiten Hälfte der 1920er Jahre wurde der Tag der Bekanntmachung der Erteilung vermerkt (z.B. #460886). Hier wird bereits die Zeitverzögerung deutlich, welche im Abschnitt über das Erteilungsverfahren angesprochen wurde. Ist eine längere Zeitverzögerung aufgrund von Prüfungsverfahren bei der Gruppe der Drehmaschinen vor dem II. Weltkrieg nicht sehr häufig, kann man bei aufwendigeren Anmeldungen doch teilweise von mehreren Jahren ausgehen. Diese Vermutung wird durch statistische Angaben des Patentamtes gestützt, welche die nicht erledigten Anmeldungen wiedergibt. Diese Angaben sind jedoch im Rahmen des Projektes nicht ausgewertet worden. Ein durch den II. Weltkrieg bedingtes extremes Beispiel bildet das Patent #891042 der Firma Hans Fickert, die das Patent wohl 1941 angemeldet hat, es jedoch erst Anfang der 1950er Jahre erhielt. Der Schutz wurde rückwirkend ab Anmeldung gewährt, diese jedoch erst 1952 bekannt gemacht.

3. Bis zur Reform des Patentgesetzes im Jahre 1936, durch die das Erfinderprinzip eingeführt wurde, nennen die Patentschriften lediglich die Namen der Patentnehmer. Diese waren Einzelpersonen oder Unternehmen, die jeweils mit dem Firmensitz oder dem Wohnort angegeben wurden. Kam die Anmeldung aus dem Ausland, wurde zusätzlich das Land vermerkt, wie dies das Beispiel der Firma Société Française de Machines-Outils in Zusammenarbeit mit einem A. Kannengieser aus Paris zeigt (#255835). Ab Mitte der 1930er Jahre wird auch der Erfinder genannt, sofern er dies wünscht. Dieser Schritt hebt die Anonymität der an F&E-Aktivitäten in den Unternehmen beteiligten Personen auf und läßt Schlüsse auf die Involvierung bestimmter Personen an diesen Aktivitäten zu. Es wäre also möglich, daß in forschungsintensiveren Branchen, wie etwa der Chemie, auch Hochschulangehörige genannt werden, sofern sie Erfindungen nicht als Privatpersonen anmelden. Leider bot der Bereich der Drehmaschinen hier keine Anhaltspunkte. Patent #621323 zeigt einen ersten Vorläufer der 1936 eingeführten Richtlinie. Hier wurde von der Werkzeugmaschinenfabrik Gildemeister&Co. ein Diplom-Ingenieur Ludwig Müller aus Köln als Erfinder in einer Fußnote angegeben. Patent #736213 hat dann bereits die bis in die 1950er Jahre übliche Form, bei der in einem ersten hervorgehobenen Textfeld auf den Erfinder verwiesen wird, welcher in diesem Fall jedoch anonym bleiben wollte. Der Stichprobe war leider keine frühere Schrift mit namentlicher Nennung entnehmbar.

4. Bis in die 1930er Jahre wurde im wesentlichen die eigene Erfindung ohne direkten Bezug auf eine bestimmte Erfindungshöhe beschrieben. Eine Ausnahme bildet das bereits erwähnte Patent von Emil Harbeck, der darauf hinweist, daß die gewöhnlichen Drehbänke eine bestimmte unveränderliche Spitzenhöhe besäßen und damit die Bearbeitung flacher Werkstücke erschwerten. Seine Erfindung behebe nun diesen bis dato bestehenden Mangel (siehe #413796, Blatt 2). Ab der Reform von 1936 wurde dann die Angabe einer Erfindungshöhe gefordert, welche den Fortschritt der angemeldeten Erfindung

darstellen sollte und damit einen wesentlichen Grund für ihre Patentierung lieferte.

5. An bibliographischen Angaben tauchen in den späteren Patentschriften sowohl Publikationen als auch andere Patentschriften auf, die am Ende des beschreibenden Teils stehen. So verweist das bereits erwähnte Patent #891042 der Firma Hanns Fickert auf zwei Patentschriften aus Deutschland und den U.S.A.. Patent #911206 beruft sich ebenfalls auf zwei Patente, nämlich aus Deutschland und der Schweiz, erwähnt zusätzlich jedoch auch zwei technische Publikationen, auf die zurückgegriffen wurde. Bei allen älteren Schriften der untersuchten Gruppe finden sich keine derartigen Angaben. Auch hier könnte wieder die niedrige Höhe der F&E-Tätigkeit auf diesem Gebiet der Grund sein. Möglicherweise zitieren die Patentschriften aus der Chemie und der Elektrotechnik häufiger grundlegende Publikationen.

6. Was schließlich die Kozitation von Patenten angeht, so finden sich Beispiele hierfür auch im betrachteten Zeitraum bis Anfang der 1950er Jahre, was wiederum als Hinweis auf die Erfindungshöhe gewertet werden kann. Das Beispiel der Böhlinger GmbH (#595593) bezieht sich hier zwar auf eine patentierte Erfindung des eigenen Hauses (#588461), zeigt aber wohl das allgemeine Vorgehen beim Verweis auf andere Patente. Die erwähnte Entwicklung wird dabei als Zusatz zu einem selbstauslösenden Stirnrädergetriebe beschrieben und als Verbesserung des älteren Patents dargestellt.

4.4.4 Die Statistiken der angemeldeten und erteilten Patente

4.4.4.1 Die Patentstatistik des Patentamtes

Auf die Verfahrensweise des Patentamtes bei Anmeldung und Veröffentlichung der einzelnen Patentschriften wurde bereits eingegangen. Es bleibt jetzt noch die Darstellung und Bewertung der "offiziellen" Patentstatistiken, die sich allerdings auf wenige Fragen beschränken muß.

Das Patentamt sorgte bereits wenige Jahre nach seiner Gründung dafür, daß neben der Bekanntmachung der erteilten Patente⁶¹ auch zahlenmäßige Auswertungen erschienen, die eine numerische Übersicht über verschiedenste Aspekte der behördlichen Arbeit und der geschützten Erfindungen boten. Erschienen diese anfänglich im Patentblatt (ab Jg. 1, 1880), so trat an dessen Stelle ab 1894 das Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen⁶², welches bis heute die wichtigste periodische Publikation des Patentamtes darstellt. So wurden beispiels-

⁶¹ Diese erfolgte durch die Auszüge aus den Patentschriften sowie durch das Verzeichnis der vom Kaiserlichen (ab 1919 Reichs-)Patentamt erteilten Patente, die beide ab 1877 erschienen. Eine Übersicht über alle Veröffentlichungen des Amtes und der Nachfolgeeinrichtungen in der DDR und der BRD bieten Grofik/Patzek (1980), S. 9-15.

⁶² Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen, hrsg. vom Kaiserl. (später Reichs-)Patentamt, Berlin 1 (1894)ff.

weise im sechsten Jahrgang (1900) Angaben gemacht über das generelle Antrags- und Erteilungsverfahren, die erteilten und gelöschten Patente in den 89 Klassen, den Verfahrensweg der Anmeldungen und ihre eventuelle Nichtbearbeitung im Berichtsjahr, die Zahlen in- und ausländischer Patente, diejenigen Patente, für welche eine 15. Jahresgebühr entrichtet wurde (die also die maximale Schutzzeit nutzten), u.a.m.

Leider ändert sich das Konzept der statistischen Berichterstattung im Laufe der Zeit, so daß man auch hier mit dem Problem der Vergleichbarkeit der statistischen Angaben konfrontiert ist. Für die Jahre des I. Weltkrieges liegen nur summarische Angaben vor, für die Zeit des II. Weltkrieges gilt dasselbe und zudem bricht die Berichterstattung mit dem Jahr 1944 ab, da das Reichspatentamt personell den Anforderungen nicht mehr nachkommen konnte. Als erste Zahlen veröffentlichte man nach dem Krieg die Anmeldungen in den beiden neu geschaffenen Patentzentren Darmstadt und Berlin. Nach Errichtung des neuen Patentamtes für die Bundesrepublik Deutschland in München (Oktober 1949) wurden neben den aktuellen auch die kriegsbedingt aufgeschobenen Verfahren aufgearbeitet und dokumentiert. Insgesamt kann man feststellen, daß die vom Patentamt publizierten Statistiken Lücken aufweisen, die ohne größeren Aufwand nicht zu schließen sind. Durch eine Beschränkung auf ausgewählte Industriezweige bzw. Technikfelder ließen sich die entsprechenden Daten jedoch exemplarisch aufarbeiten.

4.4.4.2 Sekundärstatistiken

Für den Bereich der Sekundärstatistiken sei auf drei Datensammlungen hingewiesen. Federico stellt lange historische Reihen zur Patentstatistik für 44 Staaten zusammen.⁶³ Er greift dabei zumeist auf offizielle Publikationen zurück. Chronologisch beginnen die Tabellen im Jahr 1791 mit Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden und den Vereinigten Staaten. Ab 1812 werden dann auch Gesamtzahlen aller in den deutschen Ländern erteilten Patente aufgeführt, die ab 1877 durch die Zahlen des Kaiserlichen Patentamtes abgelöst werden. Von 1877 bis einschließlich 1900 gibt der Autor die Gesamtwerte an, welche ab 1901 in Anmeldungen und Erteilungen einheimischer und ausländischer Antragsteller untergliedert sind. Die deutschen Reihen reichen bis 1943, es folgt eine Summe der Erteilungen für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1950 und schließlich wird nochmals eine differenzierte Tabelle, u.a. mit Angaben über ausländische Patenthalter wiedergegeben. Abbildung 17 zeigt die Zahl ausländischer Patentanmeldungen, deren Erteilungen, sowie das Verhältnis dieser Werte zu den deutschen Patentanmeldungen. Hierdurch gewinnt man einen ersten Eindruck davon, wie sich die Bedeutung deutscher Patente zwischen 1900 und 1939 entwickelt hat.

⁶³ Federico (1964).

Eine weitere Zusammenstellung findet sich in Hoffmann.⁶⁴ Er verwendet ebenfalls die Zahlen der offiziellen Patentstatistik, faßt dabei aber die 89 Klassen zu 21 Sektoren bzw. Branchen zusammen. Diese für die Jahre 1878 bis 1959 zusammengestellten Zahlen (mit Lücken 1915-1918 und 1939-1949) haben jedoch den Nachteil, daß die von Hoffmann vorgenommene Aggregation nicht nachvollziehbar ist. Ist diese Tatsache an sich schon unbefriedigend, so besteht zudem der Verdacht, daß die Veränderungen in den Klassifikationen des Patentamtes dabei unberücksichtigt geblieben sind.

Die dritte Datensammlung stellt die von der französischen Firma Questel Orbit angebotene Datenbank EDOC dar, die auch die Zahlen der in Deutschland erteilten Patente ab 1877 umfaßt.⁶⁵ Die Datenbank hat aber den Nachteil, daß die Patente nur nach der Internationalen und der Europäischen Patentklassifikation nummeriert sind und sich damit die historischen Patentklassen nicht rekonstruieren lassen, sondern nur retrospektiv gebildete sog. Familien (Gruppen). Ferner sind keine inhaltlichen Angaben zu den Patenten für die Zeit vor 1969 erfaßt. Der Vorteil liegt allerdings in der Möglichkeit der Extraktion langer lückenloser Zeitreihen von 1877 bis heute. Der freien Verwendung dieser Zeitreihen durch die Forschung stehen allerdings die kommerziellen Interessen des Datenbankanbieters entgegen.

Abschließend seien zwei Zeitreihen in Abbildung 18 verglichen. Einmal handelt es sich um die von Hoffmann angegebenen Patenterteilungen zu Chemie von 1878 bis 1959. Zum anderen um die aus der EDOC Datenbank recherchierten Patente, ebenfalls zu Chemie.⁶⁶ Wie man sieht, sind die Abweichungen beträchtlich, zudem nimmt die Differenz der beiden Reihen mit der Zeit zu und verringert sich erst wieder ab 1950. Die Zahlen von Hoffmann sind größer als die Werte in EDOC. Inwiefern sich die Unterschiede aus den historischen Statistiken rekonstruieren lassen, ist unklar. Dieses Beispiel zeigt aber schon, daß die von Hoffmann angegebenen Werte für patentstatistische Untersuchungen nicht ohne weiteres verwendet werden können.

4.4.5 Aspekte der Verwendung von Patentstatistiken und Patentschriften

Sowohl die Patentschriften als auch die Reihen der Patentstatistik stellen, wie bereits erwähnt, in vielerlei Hinsicht eine unverzichtbare Quelle für die Innova-

⁶⁴ Hoffmann (1965), S. 26f.

⁶⁵ <http://www.questel.orbit.com>. Vgl. Schmoch / Grupp (1990).

⁶⁶ Quelle: EDOC, PATDPA, Berechnungen des FhG-ISI (Karlsruhe), recherchiert im Mai 2001. Definition der Sektoren nach Patentklassen der internationalen Patentklassifikation (IPK):

Elektrotechnik: H01B, H01C, H01G, H01H, H01J, H01K, H01R, H01T, H02, H05B.

Chemie: C01, C04, C06, C05, A01, C07, C08, C09, C14c, C10, C11d, C11b, C11c, C12, C13k, A61k.

Wir danken Frau Iciar Dominguez-Lacasa vom FhG-ISI für die Recherche.

tionsforschung dar. Patentschriften sind z.B. im Kontext folgender Forschungsfragen relevant: Bei der Analyse bestimmter Technikfelder,⁶⁷ bei der Suche nach dem Anteil ausländischer Patentnehmer, bei der Frage nach der Verknüpfung "theoretischen" Wissens mit der praxisorientierten Entwicklung oder bei der Analyse korporativer technischer Potentiale.⁶⁸ Über möglichst forschungsnahe Klassifizierungen oder Gruppenbildungen wurden die Erfinder- bzw. F&E-Aktivitäten in bestimmten Innovationsbereichen gemessen. Mittels komparativer Ansätze hat man zukunftssträchtige Branchen und Technologiefelder zu identifizieren versucht.⁶⁹ Und nicht zuletzt wurden Patente auch in Zusammenhang von Wettbewerbssicherung auf Unternehmensebene analysiert, wobei häufig ein positiver Zusammenhang zwischen den Ausgaben im F&E-Bereich und den geschützten Forschungsergebnissen festgestellt wurde.

Obwohl Patente für die Innovationsforschung eine unverzichtbare Quelle darstellen, sind auch kritische Einwände bezüglich der Validität dieses Indikators vorgebracht worden.⁷⁰ Ging Beier (1984) noch von einem generell positiven Zusammenhang zwischen industrieller Produktivität und Patentschutz aus,⁷¹ mahnen Arundel / Kabla (1998) zur Vorsicht: "Both the wide range in patent propensity rates [...] and the low rate in many sectors, indicates that great caution must be taken when using patents as a measure of innovative output..." (S. 138). Sie stellen fest, daß es große sektorale Unterschiede im Patentierungsverhalten gibt und ein hoher Einsatz von F&E-Ausgaben noch nicht auf ein entsprechendes Patentaufkommen schließen lasse. Auch ist ein direkter Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und einem solchen Aufkommen bislang nicht nachgewiesen. Man müsse, so die Argumentation der Autoren, andere unternehmensbezogene Indikatoren heranziehen, um ein zutreffenderes Bild der "innovativeness" zu erhalten.

Ein grundlegendes Problem bei der Verwendung von Patentstatistiken im Zusammenhang der Frage nach dem Produktivitätsfortschritt resultiert aus der Tatsache, daß sowohl die Patentschriften als auch die Zahlen der Patentstatistik über die wirtschaftliche Wirksamkeit der Patente gerade nichts aussagen, denn bei der Patenterteilung werden wirtschaftlich wichtige und unwichtige Patente gleichermaßen berücksichtigt. Scholz / Schmalholz argumentieren bereits (1984), daß in der Wirtschaft Innovationen dominieren würden, die nicht pa-

⁶⁷ Vgl. die Beispiele in der Festschrift zum 100. Jahrestag der Gründung des Patentamtes, vgl. Deutsches Patentamt (1977) S. 68-342.

⁶⁸ Vgl. Barrera (1994).

⁶⁹ Vgl. die bibliographischen Angaben unter: <http://www.isi.fhg.de>.

⁷⁰ Die Gefahren einer unkritischen Verwendung dieses Datentyps wurden von Griliches (1990) wie folgt formuliert: "In this desert of data, patent statistics loom up as a mirage of wonderful plentitude and objectivity. They are available; they are by definition related to inventiveness, and they are based on what appears to be an objective and only slowly changing standard." (S. 1661).

⁷¹ Dieser wird von Beier (1984) weltweit als Grundlage technischen Fortschritts und industrieller Entwicklung bezeichnet; vgl. auch P. Kirchberg (1999).

tentgeschützt seien. Zudem gehe die technische und wirtschaftliche Bedeutung von Patenten aus den Statistiken nicht hervor und der internationale Vergleich sei nur eingeschränkt aussagefähig, da es im institutionellen Bereich starke Divergenzen zwischen den Staaten gebe. Bezüglich der Patentstatistik hat Basberg (1987) zwei wichtige Einschränkungen genannt. Einmal ist es die Voraussetzung institutioneller Konstanz, die für die Bildung langer Zeitreihen aus dem Patentbereich erforderlich ist. Zum zweiten ist es das Problem der Klassifizierung, das bereits von Schmookler (1966) thematisiert wurde. Die von den Patentämtern gebildeten Klassen und Gruppen stimmen nämlich nicht mit industriellen Sektoren und damit den verfügbaren ökonomischen Kenngrößen überein.⁷²

Was bei der gegenwärtigen Diskussion um "use and abuse" der Patentstatistik auffällt, ist, daß sich viele Thesen nur auf aktuelles Zahlenmaterial stützen, was teilweise durch dessen leichte Zugänglichkeit erklärt werden kann. Selten greifen die Untersuchungen auf den Zeitraum vor 1950 zurück. Natürlich besitzt die aktuelle Forschung eine zum Teil andere Zielsetzung als die historische. Wenn die Ergebnisse dieser Arbeiten herangezogen werden, um Argumente für und gegen die Nutzung historischer Patentstatistiken zu liefern, so ist diesen Argumenten mit der nötigen Vorsicht zu begegnen. So kann man mit einem Zitat von Schmookler schließen: "We have a choice of using patent data cautiously and learning what we can from them, or not using them and learning nothing about what they alone can teach us."⁷³

4.4.6 Die Innovationsdatenbank des IAB

4.4.6.1 Innovationen, Basisinnovationen und Schlüsseltechnologien

Wenn Innovationen eine wesentliche Triebkraft des Produktivitätsfortschritts darstellen und dieser selbst wieder ausgeprägten Schwankungen unterliegt, so liegt es nahe, Schwankungen im Innovationsaufkommen dafür verantwortlich zu machen. Die Schwierigkeit besteht nun darin, genau jene Innovationen zu identifizieren, die für die Schwankungen des Produktivitätsfortschritts verantwortlich sind.⁷⁴

⁷² Basberg (1987) stellt seinem Aufsatz jedoch den Ratschlag voran, "that it seems necessary to utilize the data at the lowest possible level of aggregation to overcome the problem of validity." (S. 131).

⁷³ Zitiert bei Basberg (1987), S. 139.

⁷⁴ Bislang ist es nach unserem Wissen nicht gelungen, mit den Zahlen der Humankapitalentwicklung oder auch den Ausgaben für F&E, langfristige Schwankungen des Produktivitätsfortschritts statistisch zu "erklären".

In diesem Zusammenhang ist das Konzept der Basisinnovationen, das auf Schumpeter zurückgeht, von entscheidender Bedeutung.⁷⁵ Schumpeter war überzeugt, daß innerhalb des wirtschaftlichen Systems eine Energiequelle besteht, die aus sich selbst heraus jedes Gleichgewicht stören würde, das erreicht werden könnte. Träger dieser Energiequelle ist der dynamische Unternehmer, der in einem Prozeß der "schöpferischen Zerstörung" Innovationen durchsetzt und dabei Neues schafft und Bestehendes zerstört.⁷⁶ Nach Schumpeter gehören zu diesen Innovationen neue Produkte und Produktionsverfahren genau so wie die Erschließung neuer Rohstoffquellen und Absatzmärkte, oder die Schaffung neuer Finanzierungsinstrumente bzw. -institutionen. Innovationen bedingen die Konstruktion neuer Betriebsanlagen, sie verkörpern sich meist in neu gegründeten Unternehmen und sind häufig mit dem Aufstieg neuer Männer zur "Führerschaft" verbunden. Innovationen bedeuten für Schumpeter daher stets die Setzung einer neuen Produktionsfunktion. Wichtig erscheinen zwei weitere Aspekte. Danach treten Innovationen nie in einem kontinuierlichen Strom auf, sondern ungleichmäßig. Sie sind zudem nicht wahllos über das ganze Wirtschaftssystem verteilt, sondern haben die Tendenz, sich auf bestimmte Sektoren und ihre Umgebung zu konzentrieren.

Schumpeters Erklärungsansatz ist in vielerlei Hinsicht kritisiert worden. So wird u.a. betont, daß es Schumpeter nicht gelungen sei, einen empirischen Nachweis für die Bündelung von Basisinnovationen zu liefern. Die Diskussion um Statistik und Bedeutung von Basisinnovationen wurde in den 1970er Jahren neu belebt. Ganz wesentlich war daran Gerhard Mensch mit seinem vielbeachteten Buch "Das technologische Patt" beteiligt.⁷⁷ Mensch unternimmt darin den Versuch, die periodische Häufung von Basisinnovationen während der letzten 200 Jahre und deren Einfluß auf die langfristigen Wachstumsschwankungen nachzuweisen. Dabei definiert er die technologische Basisinnovation als dasjenige technische Ereignis, bei dem der neu entdeckte Stoff oder das neu entwickelte Verfahren erstmals in fabrikmäßiger Produktion angewendet wird, oder bei dem für das neue Produkt erstmals ein organisierter Markt geschaffen wird. Nach Mensch kommt es zum einem gehäuften Auftreten von Basisinnovationen.

⁷⁵ Bereits 1911 hat Schumpeter (1997) die Innovationen in seiner "Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung" als zentralen Begriff eingeführt. Eine einführende Darstellung in die im folgenden geschilderten Zusammenhänge gibt Spree (1991).

⁷⁶ Ganz in diesem Sinne wurde bereits von Sombart (1909) der Geist des Kapitalismus im spezifischen Unternehmertypus festgemacht: "Will man noch mit ein paar Strichen den Gesamthabitus der idealen Unternehmernatur zeichnen, so wird man sagen müssen: Es sind Männer (keine Weiber!) - ausgerüstet vor allem mit einer außergewöhnlichen Vitalität, aus der ein übernormaler Betätigungsdrang, eine leidenschaftliche Freude an der Arbeit, eine unbändige Lust zur Macht hervorquellen... Männer mit prononciert intellektual-voluntaristischer Begabung, mit gering entwickeltem Gefühls- und Gemütsleben. Robuste Naturen in dem Doppelsinne: robust zur Bewältigung großer Arbeitspensas und Niederwerfung von Hindernissen; robust auch in der Lebensbetrachtung und Lebenswertung. Menschen - mit dem Beile zugehauen. Smarte Männer". S. 747.

⁷⁷ Mensch (1975).

nen vor 1787, zwischen 1814 und 1828, zwischen 1870 und 1886 und zwischen 1925 und 1939.

Wichtige Sammlungen von Basisinnovationen und -inventionen haben darüber hinaus Klemm (1968) und Haustein und Neuwirth (1982) vorgelegt. Eine weitere Datensammlung stammt von Baker (1976). Diese enthält die bahnbrechenden Patente, die beim englischen Patentamt angemeldet worden sind. Baker erkennt diesen Daten einen weltweiten Repräsentationsgrad zu, da seines Erachtens alle wichtigen Patente grundsätzlich auch in England angemeldet worden seien. Darüber hinaus hat van Duijn (1983), unabhängig von Mensch, für etwa denselben Zeitraum, den Mensch bearbeitete, noch einmal eine Liste von Basisinnovationen und zugehörigen Basisinventionen erarbeitet, die sich auf technische Phänomene und deren ökonomische Verwertung beschränkt. Seine Liste ist mit 160 Basisinnovationen umfangreicher als die Liste von Mensch. Van Duijn hat eine Vielzahl autoritativer Quellen ausgewertet. Trotz einzelner Kritik wird die Solidität und Konsistenz der Duijn'schen Reihe nicht bezweifelt. Sie ermöglicht einen aussagekräftigen Vergleich (vgl. unten) mit den Ergebnissen von Mensch, zumal die Zahl der Überschneidungen zwischen beiden Listen recht gering ist. Die Diskussion um die Statistik der Basisinnovationen wurde von Kleinknecht (1990) noch einmal zusammengefaßt. Die wichtigsten Ergebnisse seien hier genannt:

- Basisinnovationen treten nicht als gleichmäßiger Strom in der Geschichte auf, sie bilden vielmehr eindeutig identifizierbare zeitliche Cluster.
- Die Clusterbildung von Basisinnovationen ist kein Zufallsprozeß.
- Die zeitliche Verteilung der Basisinnovationen ergibt eine Kurve, die langwelligen Charakter aufweist, d.h., auf Perioden mit geringem folgen solche mit hohem Aufkommen an Basisinnovationen.
- Die Innovationscluster haben einen zeitlichen Vorlauf (Lead) gegenüber langfristigen Wachstumsschwankungen von etwa 12 bis 15 Jahren.

Darüber hinaus wird die These vertreten, daß Basisinnovationen besonders häufig in wirtschaftlichen Depressionsphasen entstehen, während umgekehrt in Aufschwungsphasen ihr Aufkommen zurückginge. Im Abschwung, so die Argumentation, führen ökonomische Zwänge verstärkt zu Innovationstätigkeiten in den Unternehmen, während im Aufschwung der Markt zunehmend gesättigt wird, die Lebenszyklen der Produkte sich erschöpfen und damit die Innovationschancen mehr und mehr schwinden würden. Danach wäre das gehäufte Auftreten von Basisinnovationen eine Voraussetzung für wirtschaftliche Expansion und diese wiederum die Ursache für den Rückgang der Basisinnovationen.

In diesem Sinne lassen sich die in der Geschichte beobachtbaren Wachstumsschwankungen etwa folgendermaßen erklären: Am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren es vor allem die metallherzeugende und -verarbeitende, die elektrotechnische und chemische Industrie, die das Wachs-

tum der deutschen Wirtschaft bis zum I. Weltkrieg entscheidend geprägt haben. Nachdem die deutsche Industrieproduktion bis 1913 auf mehr als das Fünffache, die britische "nur" um das Zweifache des Jahres 1870 angestiegen war, schickte sich das Deutsche Reich an, Großbritannien als bedeutendsten Industriestandort Europas zu verdrängen. In seiner Roheisenerzeugung hatte Deutschland 1903 England und 1913 sogar die USA überrundet. In der Stahlproduktion wurde Großbritannien schon 1893 eingeholt, bezüglich des Exports von Eisen und Stahl auf dem Weltmarkt um 1910. Mehr als die Hälfte des Welthandels an elektrotechnischen Erzeugnissen entfiel 1913 auf deutsche Lieferungen. Die Chemieindustrie hatte 1913 mit einem Umsatz von 2.4 Milliarden Mark vor den Vereinigten Staaten (1.5 Milliarden Mark) den führenden Platz erreicht.

Die mit diesem Expansionsprozeß verbundenen Wachstumspotentiale haben sich jedoch in der Zwischenkriegszeit erschöpft. In den 1930er und 1940er Jahren schufen die Petrochemie, der Flugzeugbau und die Kunststoffe die Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Aufschwung nach dem II. Weltkrieg. Die Ausbreitung dieser Schlüsseltechnologien prägte das Wachstum der 1950er und 1960er Jahre, das Auslaufen ihrer Marktpotentiale den Abschwung seit Mitte der 1970er Jahre. In dieser Zeit rückten die Raumfahrt, die Kernenergie-technik, die Gen- und Bio-Technologie sowie die elektronische Informationsverarbeitung ins Zentrum von Forschung und Entwicklung.

Trotz dieser insgesamt plausiblen Interpretation ist das Konzept der Basisinnovationen in vielfacher Hinsicht kritisiert worden. So bezüglich der Klassifikation und Datierung der Basisinnovationen, bezüglich der Behauptung, daß die Clusterbildung der Basisinnovationen systematisch und nicht zufällig sei sowie hinsichtlich der theoretischen Verknüpfung dieser Cluster mit dem Prozeß des wirtschaftlichen Wachstums. Wie man auch immer Basisinnovationen definiert, es bleibt das Problem, die unterschiedliche Bedeutung bestimmter ökonomischer und/oder technischer Neuerungen von meist großer Komplexität zutreffend einzuschätzen. Schließlich ist es nicht unproblematisch, ausgerechnet Basisinnovationen, die die Entstehung ganz neuer Produktketten oder sogar Wirtschaftszweige induziert haben sollen, mit einem genauen Jahresdatum, nämlich dem der ersten Markteinführung, zu datieren.

Besonders Freeman und Mitarbeiter⁷⁸ haben in der Auseinandersetzung mit dem Konzept der Basisinnovationen nachdrücklich betont, daß es nicht primär darauf ankommt, die Häufigkeit von Basisinnovationen zu ermitteln. Wirtschaftlich wirksam werden Basisinnovationen nämlich nicht allein durch ihre Häufung. Wichtiger ist vielmehr der Diffusionsprozeß von Basisinnovationen. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, daß Imitatoren das Profitpotential einer Innovation erkennen und in großem Umfang entsprechend zu investieren beginnen. Die Diffusion ist im übrigen kein reiner Imitationsprozeß, sondern

⁷⁸ Freeman et al. (1982).

enthält stets auch in großem Umfang Verbesserungen und erfordert die Bereitschaft zur Übernahme von Risiken. In der wechselseitigen Befruchtung und Verknüpfung von Innovationen konstituieren sich sog. "neue technologische Systeme". Der wirtschaftliche Aufschwung wird um so kräftiger ausfallen, je mehr Verbindungen zwischen verschiedenen Basisinnovationen hergestellt werden, und je mehr sich ein "neues technologisches System" etablieren kann.⁷⁹

Mit der Erkenntnis, daß es nicht so sehr auf das zeitliche Aufkommen, die Markteinführung und Bündelung von Basisinnovationen, sondern auf die Ausbildung „neuer technologischer Systeme“ ankommt, hat sich auch die Innovationsforschung neuen Inhalten zugewandt. Im Mittelpunkt stehen dabei die mikro- und mesoökonomischen Perspektiven der Innovations- und Diffusionsprozesse in ihrer Bedingtheit durch unternehmerisches Handeln, Marktstrukturen und Firmengröße.⁸⁰ Obwohl sich damit Gegenstand und Zielsetzung der Innovationsforschung in vielerlei Hinsicht geändert haben, bleibt einerseits die Frage nach der historischen Dimension, Intensität und Struktur des Innovationsprozesses als auch andererseits die nach seiner Bedeutung für die Veränderung wirtschaftlicher Variablen in vielerlei Hinsicht unbeantwortet. Soweit sich die neuere Innovationsforschung dieser Fragen mit Hilfe langer Zeitreihen überhaupt annimmt, sind es fast ausschließlich Reihen der Patenstatistik, wie kürzlich Andersen exemplarisch vorgeführt hat.⁸¹

4.4.6.2 Aufbau und Inhalt der IAB-Datenbank

In diesem Zusammenhang eröffnet eine Datenbank, die von Mitarbeitern des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Nürnberg zusammengestellt wurde, in vielerlei Hinsicht völlig neue Analysemöglichkeiten.⁸²

⁷⁹ Perez (1998).

⁸⁰ Vgl. z.B. Dosi et al. (1988).

⁸¹ Andersen (1999).

⁸² Die Arbeiten an dieser Datenbank, mit denen in den 1970er Jahren begonnen wurde, sind seitens des IAB inzwischen abgeschlossen. Die Daten waren beim IAB im Datenbanksystem GOLEM gespeichert. GOLEM ist ein dialogorientiertes Informationssystem zur Speicherung und der an Deskriptoren orientierten Wiedergewinnung von Daten, die Bestandteil großer Datenmengen sind. Aufbau und Pflege der Datenbank erfolgen durch Standardprogramme, die Bestandteil der GOLEM-Systemprogramme sind. Für die Bearbeitung haben wir die GOLEM-Dateien in TUSTEP-Dateien konvertiert. TUSTEP steht für "Tübinger System von Textverarbeitungsprogrammen" und ist eine Entwicklung der Abteilung Literarische und Dokumentarische Datenverarbeitung des Rechenzentrums der Universität Tübingen. In dieser Form sind die Daten am Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung in Köln archiviert. Herrn Dipl.-Ing. Erhard Ulrich sowie Herrn Klaus Köstner sei für die hilfreiche Unterstützung bei der Übergabe der Daten an das ZA sowie für zahlreiche wertvolle Hinweise für die Auswertung der Daten herzlich gedankt. Eine umfassende Darstellung des Datenbestandes für die Jahre von 1750 bis 1991 findet sich in Metz (1999). Diese drei Bände sind beim Zentralarchiv auf Anfrage erhältlich. Eine Kurzbeschreibung der Daten liefert die ZA-Studienbeschreibung S8131. Die Daten werden gegenwärtig in eine Access-

Die Einträge der Datenbank beschreiben Neuerungsereignisse, die als Innovationen im weitesten Sinne verstanden werden können. Die Datenbank beinhaltet Angaben für die Zeit bis 1991. Der Gesamtumfang liegt bei 14.600 Einträgen. Knapp 2% davon beziehen sich auf die Zeit vor Christi Geburt. Vom Jahr Null bis 1749 sind etwa 1.200 Innovationen in der Datenbank gespeichert. Für den Zeitraum von 1750 bis 1991, auf den wir uns im folgenden ausschließlich beschränken, sind 13.115 Innovationen nachgewiesen. Im Mittel werden 54 Ereignisse pro Jahr genannt. Die Einträge sind allerdings nicht gleichmäßig über die Jahre verteilt. Die Ereignishäufigkeit pro Jahr unterliegt, wie die Abbildung 19 zeigt, kurz- und langfristigen Veränderungen. Dabei lassen sich nicht nur spezifische Phasen der Ereignishäufigkeit, sondern auch ausgeprägte Schwankungen erkennen. Die Tatsache, daß in dieser Datenbank mehrere tausend Innovationsereignisse nicht nur zeitlich aufgelistet sind, sondern daß darüber hinaus auch deren Inhalt systematisch erschlossen wird, ist für die damit verbundenen Analysemöglichkeiten von weitreichender Bedeutung.

Die erfaßten Daten basieren auf bereits publizierten Angaben zu Neuerungen im weitesten Sinne. Für die Recherche seitens des IAB wurden sowohl einschlägige Sammelwerke und Monographien als auch Aufsätze in Fachzeitschriften und Tageszeitungen herangezogen. Die Informationen wurden möglichst im Originaltext aufgenommen. Grundidee dabei war, einerseits die Quelleninformationen möglichst vollständig zu erfassen und andererseits eine gewisse Strukturierung vorzunehmen, um dadurch die systematische Auswertung zu ermöglichen.

Jedes Neuerungsereignis ist in der Datenbank durch mehrere Kategorien gekennzeichnet. Neben den verwendeten Quellen sind zeitliche und geographische Angaben sowie Angaben zum Innovator, entweder als Person oder als Institution vorhanden. Bei den Angaben zur Innovation selbst wird unterschieden zwischen der Art des Ereignisses und der Beschreibung des Ereignisses. Die Ereignisart kann entweder in der Quelle bereits enthalten sein und wird dann übernommen. Wenn dies nicht der Fall ist, wird für das betreffende Ereignis aus einem internen Katalog vom Bearbeiter eine Ereignisart ausgewählt und dem Datensatz hinzugefügt. Zur Beschreibung des Ereignisses werden die Angaben über das Ereignis möglichst unverändert aus der Quelle übernommen.

Eine genauere Analyse der Jahre von 1750 bis 1991 zeigt, daß 20% der Einträge einen Zeitzusatz haben. Bei 44% der Einträge sind Personen als Innovatoren genannt, bei einem Drittel Institutionen bzw. Firmen. Damit gibt es 10.234 Angaben zum Innovator bzw. zu der mit der Innovation assoziierten Institution. Bei 2.881 Einträgen (22%) sind weder Personen noch Firmen/Institute angegeben. Nur 918 Einträge enthalten Angaben sowohl zum Innovator als auch zur Institution. Nähere Angaben zu den Personen sind eher spärlich. Am häufigsten ist das Geburtsdatum, am seltensten das Sterbeland genannt. Bei etwa einem

Datenbank überführt. Nach Fertigstellung können die Daten mit dieser Datenbank in komfortabler Weise recherchiert werden.

Drittel der Einträge sind Ereignisort und Landesangaben zu finden. 1.829 Einträge enthalten sowohl zum Ort als auch zum Land Angaben. Nicht alle Einträge enthalten eine Beschreibung.

Da man davon ausgehen muß, daß die in der Datenbank erfaßten Neuerungen eine Auswahl darstellen, ergibt sich das Problem der Repräsentativität bzw. Bedeutung der Ereignisse und damit die Frage nach den Auswahlkriterien seitens des IAB. Natürlich ist eine systematische und vollständige Erfassung aller technisch, ökonomisch, sozial und institutionell relevanten Neuerungen nicht möglich. Dies ist zum einen durch die Tatsache bedingt, daß es einen entsprechend operationalisierbaren Neuerungskbegriff nicht gibt und zum anderen dadurch, daß eine vollständige Erfassung aller in diesem Zusammenhang relevanten Neuerungen in ihrem geschichtlichen Ablauf mit vertretbarem Arbeitsaufwand nicht geleistet werden kann. Ist eine derart vollständige Erfassung für zurückliegende Zeitepochen unmöglich, so gilt dies umso mehr für die Gegenwart, in der die Menge an relevanten Informationen ins Unermeßliche angestiegen ist. Die ursprüngliche Intention seitens des IAB bestand deshalb auch darin, nicht alle, sondern vornehmlich die wichtigen Neuerungen zu erfassen. Diese sah man primär in einschlägigen Handbüchern, Lexika und Monographien repräsentiert, da diese gerade jene Neuerungen enthalten würden, über deren Bedeutung ein relativ breiter Konsens bestünde. Im folgenden wollen wir diese Quellengattung als "Standardwerke" bezeichnen.⁸³

Bei der Frage nach der Bedeutung dieser Standardwerke für die Erfassung "wichtiger" Innovationen ergeben sich mehrere Probleme. Zunächst ist zu betonen, daß sich eine definitive Entscheidung über die Bedeutung einer Innovation und damit über deren "Wichtigkeit" letztendlich nur aus dem jeweiligen Forschungskontext ableiten läßt. Das, was im technikhistorischen Kontext wichtig ist, ist bei einer Betrachtung von Institutionen u.U. sekundär. Auch ist zu berücksichtigen, daß man bei einem solchen Vorgehen in starke Abhängigkeit von den technikhistorischen Quellen und ihrer unterschiedlichen Reichweite und Genauigkeit gerät. Bestimmte Perioden und bestimmte Bereiche von Wirtschaft und Technik mögen in diesen Quellen intensiver untersucht und dokumentiert worden sein als andere. Darüber hinaus ergeben sich aber noch weitere Fragen:

⁸³ Darüber hinaus ging man seitens des IAB auch davon aus, daß die Häufigkeit, mit der eine bestimmte Innovation in unterschiedlichen Quellen genannt wird, ein Indikator für deren besondere Bedeutung bzw. Wichtigkeit ist (vergleichbar mit jenen der Basisinnovationen). Wenn viele Autoren, so das Argument, gerade diese Innovation ausgewählt haben, dann kann unterstellt werden, daß diese von besonderer Bedeutung für die Entwicklung in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft ist. In diesem Sinne wird die Anzahl der Quellenangaben pro Ereignis vom IAB als Indikator für die herausragende Bedeutung einer Neuerung gesehen. Eine genauere Analyse hat aber gezeigt, daß dieses Kriterium zur Identifikation von Schlüsselinnovationen ungeeignet ist.

- 1) Handelt es sich bei den in Standardwerken genannten Ereignisse tatsächlich um wichtige Innovationen?
- 2) Sind bei der Erfassung seitens des IAB alle relevanten Standardwerke berücksichtigt worden?
- 3) Sind die Angaben der verwendeten Standardwerke vollständig in die Datenbank aufgenommen worden?
- 4) Wie viele Einträge der Datenbank stammen aus Standardwerken?

Auf die Fragen 1 bis 3 ist eine abschließende Antwort gegenwärtig nicht möglich. Das liegt zum Beispiel daran, daß eine Antwort auf die zweite Frage wiederum vom Forschungskontext abhängt. Auch die Frage, ob alle Angaben der verwendeten Werke in die Datenbank aufgenommen wurden, läßt sich zur Zeit mangels entsprechender Untersuchungen nicht definitiv beantworten. Lediglich auf die letzte Frage soll im folgenden etwas detaillierter eingegangen werden, wobei wir uns wieder auf den Zeitraum von 1750 bis 1991 beschränken.

Den 13.115 Ereignissen dieses Zeitraumes entsprechen insgesamt 19.677 Quellenangaben, so daß im Durchschnitt jedes Ereignis durch 1,5 Quellenangaben nachgewiesen ist. Insgesamt enthält die Datenbank 1.307 verschiedene Quellen, was bei 19.677 Quellenangaben bedeutet, daß jede dieser Quellen im Durchschnitt 15 Mal vorkommt. Betrachtet man die Quellenwerke nach der Häufigkeit ihres Vorkommens, dann stellt man eine hohe Konzentration auf nur wenige Titel fest. Während die 20 am häufigsten genannten Werke mehr als 50% aller Angaben (= 9.962) abdecken, repräsentieren die 83 am häufigsten genannten Quellen bereits 75% aller Angaben. Die restlichen 1.257 Quellenwerke decken dagegen lediglich 25% oder 4.915 Quellenangaben ab. In Tabelle 2 sind die 31 am häufigsten genannten Titel, die gleichzeitig mindestens 100mal in der Datenbank vorkommen, aufgeführt. Diese Quellen decken 60% aller Angaben (100% = 19677) ab und werden im folgenden als "Standardwerke der Datenbank (DB)" bezeichnet. Wie die Tabelle 2⁸⁴ zeigt, haben diese eine stark technikgeschichtliche Ausrichtung.

Tabelle 2: Wichtige Quellen der Edition

1.	Feldhaus, Erfind. (1904)	(1675 = 8.5%)
2.	Darmstaedter, Handb. Naturwissenschaft (1908)	(1188 = 6.0%)
3.	VDE, 100 Jahre (1981)	(984 = 5.0%)
4.	Sworykin, Technik (1967)	(823 = 4.1%)

⁸⁴ Die Tabelle enthält den Rangplatz der Quelle, den Kurztitel mit Erscheinungsjahr sowie die absolute und relative Häufigkeit ihres Vorkommens. Die relative Häufigkeit bezieht sich auf 19.677 Quellenangaben. Für eine Vielzahl der in der Datenbank genannten Quellen ist lediglich ein numerischer Code angegeben. Die Quellenangaben unter 15, 25, 34 und 35 konnten daher noch nicht genauer aufgelöst werden. In der zu erstellenden Access-Datenbank werden die verwendeten Quellen dann vollständig angeführt sein.

5.	Stein, Kulturfahrplan (1952-64)	(760 = 3.8%)
6.	Mod. Lexikon (1971/ @+1980)	(699 = 3.5%)
7.	Brockhaus (1952-64)	(601 = 3.0%)
8.	Knaurs Gesch. d. Technik (1959)	(534 = 2.7%)
9.	Asimov, Enzykl. d. Naturwissensch.(1973)	(523 = 2.6%)
10.	Duden-Lexikon (1967)	(376 = 1.9%)
11.	Rate of Develop. (1966)	(347 = 1.7%)
12.	Violets Taschenb. (1952)	(336 = 1.7%)
13.	Arbeit (1968)	(328 = 1.6%)
14.	Walden, Geschichte (1952)	(258 = 1.3%)
15.	VDI-N.	(226 = 1.1%)
16.	Dummer, Elect. Inventions	(224 = 1.1%)
17.	Feldhaus, Technik (1970)	(200 = 1.0%)
18.	Brentjes, Gesch. d. Technik (1978)	(186 = 0.9%)
19.	Techn. Grundwissen (1968)	(185 = 0.9%)
20.	Kuehne: Berufserziehung (1929)	(183 = 0.9%)
21.	Dtv-Atlas Weltgeschichte (1964)	(178 = 0.9%)
22.	Wagenfuehr, Wirtschaft (1955)	(176 = 0.9%)
23.	MittAB 1969	(135 = 0.7%)
24.	Chronik d. Technik (1988)	(129 = 0.6%)
25.	Soulard, Gesch. d. Maschine (1964)	(127 = 0.6%)
26.	Steinbuch, Nachrichtenverarb. (1967)	(125 = 0.6%)
27.	Buedeler, Raumfahrt (1979-82)	(116 = 0.6%)
28.	Wagenfuehr, Pionierleistungen (1954)	(110 = 0.5%)
29.	Strandh, Maschine (1980)	(105 = 0.5%)
30.	Organisation und Betrieb 1971	(104 = 0.5%)
31.	Beruf aktuell	(103 = 0.5%)

In einem nächsten Schritt wollen wir der Frage nachgehen, wie sich die zeitliche Verteilung der aus diesen "Standardwerken der DB" übernommenen Einträge gestaltet. Wählt man die Einträge aus, die unter der Kategorie Quelle mindestens eines der "Standardwerke der DB" enthalten, resultieren 6.257 Einträge, deren zeitliche Verteilung zusammen mit der gesamten Ereignisreihe in Abbildung 20 dargestellt ist. Diese Zeitreihe - im folgenden als "Eignisreihe/Standardwerke" bezeichnet - ist folgendermaßen zu interpretieren: Bei einem Jahreswert von z.B. 3, sind in dem betreffenden Jahr drei Innovationen genannt, die unter der Kategorie Quelle jeweils mindestens eines der "Standardwerke der DB" aufführen. Deutlich wird das Maximum dieser Reihe um 1900, die fallende Tendenz danach, sowie der starke Einbruch nach 1960. Betrachtet man hierzu die in Tabelle 2 aufgelisteten Quellen, so erkennt man

den Schwerpunkt bezüglich der Erscheinungsjahre eindeutig vor 1970. Geht man davon aus, daß die Bearbeitung eines Werkes frühestens etwa 2-3 Jahre vor seinem Erscheinen abgeschlossen ist, dann bezieht sich der Inhalt der "Standardwerke der DB" wohl schwerpunktmäßig auf die Zeit vor 1960. Aus dem zeitlichen Verlauf des prozentualen Anteils der "Ereignisreihe/Standardwerke" an allen Ereignissen ergibt sich eine rückläufige Tendenz besonders nach 1860. Zudem ist auch hier der Einbruch nach 1960 unverkennbar. Vergleicht man schließlich noch den zeitlichen Verlauf jener 6.858 Ereignisse (entspricht 52% aller Einträge), die keines der "Standardwerke der DB" enthalten, mit der Ereignisreihe/Standardwerke, dann lassen sich offensichtlich drei Phasen mit unterschiedlichem Quellenbezug unterscheiden. Bis etwa 1860 dominieren die Ereignisse, die bei der Quellenangabe mindestens eines der "Standardwerke der DB" enthalten, m.a.W, die in der Datenbank nachgewiesenen Innovationen basieren mehrheitlich auf diesen Quellen. Von etwa 1860 bis etwa 1950 sind die aus den "Standardwerken der DB" nachgewiesenen Ereignisse und jene Ereignisse, die auf anderen Quellen basieren, in etwa gleich. Besonders nach 1960 verlieren die "Standardwerke der DB" gegenüber den anderen Quellen zunehmend an Bedeutung.

Damit steht fest, daß die Anzahl der aus "Standardwerken der DB" extrahierten Innovationsangaben im Vergleich zu den anderen Quellen nach 1860 zurückgeht und daß die Innovationsangaben der Datenbank vor allem für die Zeit nach 1960 kaum noch aus diesen "Standardwerken der DB", sondern hauptsächlich aus zahlreichen Einzelveröffentlichungen entnommen wurden. Demnach sind die Einträge der Datenbank bis etwa 1860 mehrheitlich durch "Standardwerke der DB" belegt. Von 1860 bis 1960 gilt das nur mit Einschränkungen und nach 1960 überhaupt nicht mehr. Damit ist offensichtlich, daß sich die Zusammensetzung der zur Datenerfassung herangezogenen Quellen verändert hat und daß die "Standardwerke der DB" nicht für die gesamte Zeit in gleichbleibender Weise als Grundlage für die Erfassung der Innovationsereignisse verwendet wurden. Die Bedeutung der "Standardwerke der DB" geht kontinuierlich zugunsten von Einzeldokumenten zurück.

Akzeptiert man die oben formulierte These, wonach die in Standardwerken genannten Ereignisse wichtige Innovationen repräsentieren und unterstellt zudem, daß seitens des IAB alle wichtigen Standardwerke vollständig ausgewertet wurden, dann wäre nach unseren Ergebnissen lediglich sichergestellt, daß die Datenbank bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts tatsächlich die wichtigen Innovationen enthält. Im folgenden wollen wir deshalb der Frage, inwieweit es sich bei den in der Datenbank erfaßten Ereignissen durchgängig um wichtige Innovationen handelt, noch in einer anderen Weise nachgehen. In diesem Zusammenhang könnte man z.B. prüfen, ob sich die aus der Forschung bekannten Basisinnovationen bzw. -inventionen in der Datenbank wiederfinden, was wir jedoch nicht tun wollen. Wir wollen vielmehr die zeitliche Verteilung der in der Datenbank erfaßten Ereignisse mit jenen in der Forschung zusammenge-

stellten Reihen vergleichen, die explizit nur das zeitliche Auftreten "wichtiger" Innovationen dokumentieren, wohlgemerkt, ohne für jedes einzelne Ereignis der Datenbank eine Bewertung durchzuführen. Bei dem Vergleich gehen wir davon aus, daß die Hypothese, wonach die in der IAB-Datenbank erfaßten Innovationen wichtig sind, durch einen Gleichlauf der betrachteten Reihen gestützt wird, während Unterschiede im Reihenverlauf gegen die Hypothese sprechen. Eine solche Hypothese impliziert erstens, daß die zum Vergleich herangezogenen Reihen die zeitliche Verteilung wichtiger Innovationen zutreffend widerspiegeln und, daß zweitens, ein Gleichlauf der Reihen im Sinne einer seriell linearen Korrelation auf eine gemeinsame Ursache, nämlich das zeitliche Auftreten wichtiger Innovationen, zurückzuführen ist.

Im folgenden vergleichen wir die Reihe, die die Summe aller in der Datenbank gespeicherten Innovationsereignisse darstellt (vgl. Abbildung 19) mit der Reihe, die Baker (1976) aus den beim englischen Patentamt angemeldeten Patenten zusammengestellt hat sowie mit den Basisinnovationsreihen von Mensch (1975) und van Duijn (1983), wobei die Jahreswerte generell zu zehnjährigen Durchschnitten zusammengefaßt wurden.

Vergleichen wir zunächst die IAB-Reihe mit der Reihe von Baker (vgl. Abbildung 21). Auffallend ist, daß die Wendepunkte beider Reihen ab 1885 nahezu perfekt übereinstimmen, sieht man einmal davon ab, daß sich in der IAB-Reihe eine Innovationsspitze bereits 1925 abzeichnet. Auch bis 1885 verlaufen beide Reihen nahezu parallel, wobei die Reihe von Baker allerdings ausgeprägtere Wendepunkte aufweist. Generell kann man jedoch feststellen, daß die IAB-Reihe die in der Baker'schen Patentreihe zum Ausdruck kommenden Schwankungen im Innovationsaufkommen nahezu zeitgleich wiedergibt, so daß Unterschiede eher marginal sind. Vom Ende des 18. Jahrhunderts bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts weist sowohl die Reihe von Baker, als auch die IAB-Reihe einen starken Anstieg auf. Aufgrund der hohen Übereinstimmung der beiden Reihen kann man also für diese Zeit, auch aufgrund der großen Bedeutung der Standardwerke für die IAB-Reihe, davon ausgehen, daß diese das zeitliche Aufkommen wichtiger Innovationen repräsentativ widerspiegelt.

Betrachten wir in einem nächsten Schritt die Reihen der Basisinnovationen von Mensch und van Duijn, die in Abbildung 22 zusammen mit der Baker'schen Patentreihe dargestellt sind. Bei den Reihen von Mensch und van Duijn erkennt man deutliche Übereinstimmungen in den Schwankungen um 1895 und 1935 und eingeschränkt auch um 1825. Die Kurve der Basisinnovationen gemäß van Duijn weist jedoch ein "Zwischenhoch" um 1915 auf. Ein solches Zwischenhoch zeichnet sich in der IAB-Reihe bereits 1905 ab, während sie für 1915 einen unteren Wendepunkt signalisiert. Vor 1810 kommen bei van Duijn keine Basisinnovationen vor, ferner fällt die letzte große Welle bei Mensch schneller ab, was auf eine "Verdünnung" seiner Quellenbasis für diesen Zeitraum hindeutet. Angesichts der Verschiedenartigkeit der von Mensch und van Duijn herangezogenen Quellen und angesichts der Schwierig-

keit der exakten Datierung von Inventionen und Innovationen ist bemerkenswert, daß die Abweichungen nicht größer sind.

Ein Vergleich der beiden Basisinnovationsreihen mit der Baker'schen Patentreihe zeigt folgendes. Bis 1800 stimmen die Daten von Mensch mit der englischen Patentreihe nicht überein. Nach 1825 weisen sowohl die Reihe von van Duijn als auch die englische Patentreihe einen starken Anstieg auf. Um 1890/95 und um 1930/35 läßt sich in allen drei Reihen eine Hochphase innovatorischer Tätigkeit feststellen. Obwohl die Jahre von 1895 bis 1920 nicht einheitlich zu deuten sind, ist doch ein Nachlassen der Innovationstätigkeit in allen drei Reihen sichtbar. Nach dem bisher Gesagten wird der Anstieg innovatorischer Tätigkeit von etwa 1820 bis 1890, der Rückgang bis 1920 und der erneute Anstieg in den 1930er Jahren in allen drei Reihen eindrucksvoll bestätigt.

Ein Vergleich der Basisinnovationsreihen mit der IAB-Reihe in Abbildung 23 zeigt bis 1875 für letztere erwartungsgemäß ein höheres Niveau. Die Spitze um 1895 wird auch hier bestätigt. In den Jahren danach bis 1935 weist die IAB-Reihe zwar ebenfalls einen Rückgang auf, allerdings nicht in dem Ausmaß, wie die beiden Reihen der Basisinnovationen. Während die Reihen von Mensch und van Duijn eine deutlich ausgeprägte Spitze nur 1935 aufweisen, ist diese in der IAB-Reihe bereits 1925 sichtbar. Darüber hinaus zeigen sich die in den Reihen von Mensch und van Duijn diagnostizierten Innovationscluster um 1890 und um 1930 nahezu zeitgleich sowohl in der IAB-Reihe als auch in der Baker'schen Patentreihe. In diesem Zusammenhang ist noch eine weitere Beobachtung von Interesse. In der IAB-Reihe ist trotz ausgeprägter Schwankungen eine, gegenüber den anderen Reihen, Verstetigung des Innovationsaufkommens sichtbar. Dies zeigt sich z.B. bis 1870 im Vergleich zur Reihe von Baker, aber auch generell für die Zeit von 1890 bis 1930. Es liegt nahe, diese Verstetigung des Innovationsaufkommens auf die große Anzahl der in der Datenbank erfaßten Innovationen zurückzuführen.⁸⁵

Fassen wir die Ergebnisse unseres Vergleichs zusammen. Von der Mitte des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts kann man von einem starken Anstieg des Innovationsaufkommens ausgehen. In allen vier Reihen werden die Jahre um 1890 und 1930 als ausgeprägte Innovationsphasen sichtbar. Die Zeit zwischen 1890 und 1930 ist von einer nachlassenden Innovationstätigkeit gekennzeichnet, wobei dies bei den Reihen der Basisinnovationen am deutlichsten und bei der IAB-Reihe am geringsten ausgeprägt ist. Die Baker-Reihe nimmt hier eine Mittelstellung ein. In diesem Zusammenhang sollte man allerdings den Einfluß des I. Weltkrieges sowohl hinsichtlich der Innovationstätigkeit als auch hinsichtlich der Aussagefähigkeit der Quellen nicht unterschätzen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, daß der Innovationsprozeß umso stetiger wird, je mehr Innovationen erfaßt werden. Umgekehrt läßt sich argumentieren: Je selektiver die

⁸⁵ Die Reihe der jährlichen Patenterteilungen zeigt übrigens die Verstetigungstendenz, trotz des Einbruchs während und nach dem I. Weltkrieg, in einem noch viel höheren Ausmaß.

Auswahl, um so ausgeprägter sind die zeitlichen Cluster. Daß die bei unserem Vergleich festgestellten Innovationscluster trotzdem eine dermaßen hohe Übereinstimmung bezüglich Datierung und Intensität zeigen, obwohl die Reihen nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten zusammengestellt wurden, ist ein deutlicher Hinweis auf die historische Bedeutung dieser Intensitätsphasen im Innovationsaufkommen. Sie sind offensichtlich kein durch das Auswahlverfahren des Wissenschaftlers bedingtes Artefakt. Diese Feststellung stützt die These, wonach das zeitliche Aufkommen wichtiger Innovationen ausgeprägten Schwankungen unterliegt und widerspricht der Vorstellung, wonach dieses Aufkommen gleichmäßig über die Zeit verteilt ist.

Ohne hier ein abschließendes Urteil abzugeben, besteht nach diesen Ergebnissen die berechnete Vermutung, daß es sich bei den in der Datenbank erfaßten Innovationen für die Zeit von der Mitte des 18. bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts tatsächlich um eine repräsentative Auswahl wichtiger Innovationen handelt. Sollte sich diese Vermutung bestätigen, böte die Datenbank, auch angesichts ihres immensen Informationsumfangs, eine vorzügliche und, soweit wir sehen, einzigartige Möglichkeit der prozeßorientierten Innovationsforschung. Besonders vielversprechend ist hier die themenzentrierte Auswertung der Innovationsdaten.

4.4.6.3 Themenzentrierte Auswertung der Innovationsdaten

4.4.6.3.1 Allgemeines

Daß sich die Datenbank für solche themenzentrierte Auswertungen besonders gut eignet, wurde durch mehrere interne Studien des IAB bereits demonstriert. Durch die Vorgabe bestimmter Suchbegriffe und Selektionsalgorithmen lassen sich dabei Innovationsdaten zu den verschiedensten Themen zusammenstellen. Je nach Anordnung bzw. Sortierung können damit unterschiedlichste Informationsstrukturen generiert werden. Neben räumlichen Strukturelementen ist die zeitliche Struktur, also die Abfolge und Häufigkeit der ausgewählten Innovationsereignisse von besonderem Interesse. Ein wichtiges Ziel ist dabei die Identifikation von Entwicklungs- und Wirkungslinien aufeinanderfolgender und sich gegenseitig beeinflussender Innovationen. Bei großen Datenmengen kann dies nicht mehr durch die individuelle Gegenüberstellung einzelner Angaben erfolgen, sondern bedarf eines Algorithmus, nach dem dann zu vernetzende Innovationsangaben ausgewählt werden. Die zeitlich geordnete Ereignishäufigkeit von Innovationen, die man bestimmten Themenbereichen zuordnen kann, bietet auch die Grundlage für Darstellung, Interpretation und Analyse von Entwicklungslinien, Intensitätsphasen und Regelmäßigkeiten im Innovationsaufkommen hinsichtlich eines bestimmten Themas. Auf der Basis solcher Ereignishäufigkeiten kann der typische Verlauf themenorientierter Innovationsprozesse herausgearbeitet und in der historischen Zeitdimension vergleichend dargestellt werden.

Ein Problem bei der Bildung solcher Ereignishäufigkeiten ist allerdings die Festlegung der Suchbegriffe in der Weise, daß tatsächlich auch alle relevanten Innovationen ausgewählt werden. So wurden z.B. in einem internen IAB-Bericht⁸⁶ Innovationsereignisse zum Thema "Arbeit und Beruf" ausgewählt. Dazu wurde nur ein einziger Suchbegriff, nämlich "Beruf.." vorgegeben. Die Recherche ergab 117 Dokumente, die dann in ihrer zeitlichen Abfolge interpretiert wurden. Dabei wurde allerdings explizit darauf hingewiesen, daß sich sicherlich noch mehr Dokumente finden ließen, wenn mit einem umfassenderen Suchbegriff an die Daten herangegangen würde. In diesem Zusammenhang verweist die Studie aber auf weiterführende Analysen. Eine ähnliche Problematik ergab sich im IAB-Bericht bei der Identifikation von Innovationsereignissen zum Thema "Eisenbahn". Zu diesem Thema wurden mit dem Suchbegriff "Eisenb.." 165 Ereignisse identifiziert. Auch hier wurde seitens des IAB kritisch angemerkt, daß neuere bzw. auch andere Quellen, die dasselbe Phänomen möglicherweise mit "Bundesbahn" oder nur mit "Bahn" bezeichnen, gemäß der Auswahlmethodik nicht in die Auswertung mit einbezogen würden. Dabei wird betont, daß es für eine umfassendere Analyse sinnvoll sein könnte, ein breiteres Auswahlkriterium anzulegen und dann von Hand jene Dokumente wieder auszusondern, die inhaltlich mit dem gewünschten Innovationsgebiet nichts oder nur wenig zu tun haben.

Im folgenden sollen Nutzungsmöglichkeiten der Datenbank im Hinblick auf die Identifikation von Innovationsprozessen für unterschiedliche thematische Schwerpunkte demonstriert werden. Das dazu von uns entwickelte Verfahren der textimmanenten Spezifikation von thematisch orientierten Suchbegriffen soll zunächst anhand des Themas „Arbeit und Beruf“ vorgeführt werden. Dieses Verfahren ist nicht nur eine wichtige Grundlage für die inhaltsanalytische Erschließung der Datenbank, sondern auch für die (halb)automatische Vernetzung von historischen Innovationsdaten, der in der Forschung große Bedeutung zukommt. Im Anschluß daran wollen wir die Möglichkeit der themenzentrierten Auswertung der Innovationsdaten im Hinblick auf technologische Schlüsselbereiche anhand einiger Beispiele demonstrieren. Schlüsselbereiche werden als prägend für die technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung angesehen. Sie spielen nicht nur in zahlreichen ökonomischen Entwicklungstheorien, sondern auch in der gegenwärtigen Innovationsforschung eine zentrale Rolle. Ein Zusammenhang mit Basisinnovationen und Basisinventionen besteht insofern, als letztere zur Ausbildung der technologisch-industriellen Schlüsselbereiche führen.

Im IAB-Bericht werden zwar mehrere Möglichkeiten angesprochen, um Schlüsselinnovationen aus der Datenbank zu extrahieren, doch sind diese insgesamt negativ zu beurteilen. So wird eine Möglichkeit darin gesehen, die

⁸⁶ Auf diesen, von Erhard Ulrich im Jahr 1994 verfaßten unveröffentlichten Bericht wird im folgenden ausschließlich bezug genommen, wenn vom „IAB-Bericht“ die Rede ist.

Anzahl der Quellen pro Innovationsereignis als Indikator für Schlüsselinnovationen zu verwenden. Dabei wird argumentiert, darauf haben wir hingewiesen, daß Innovationen, die von vielen Autoren ausgewählt werden, von besonderer Bedeutung für die Entwicklungen in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft seien. Bei unserer Diskussion des Quellenbezugs der Ereignisse hatten wir jedoch gezeigt, daß sich Mehrfachnennungen primär aus der Verwendung von Standardwerken ergeben. Da deren Anteil an allen verwendeten Quellen aber bereits nach 1800 kontinuierlich zurückgeht, kann die Anzahl der Quellen pro Ereignis kein durchgängiger Indikator für die Bedeutung einer Innovation sein.

Auch die andere im IAB-Bericht genannte Möglichkeit, besonders innovative Schlüsselbereiche über häufig genannte Innovatoren zu identifizieren, läßt sich aufgrund der gegenwärtigen Datenstruktur nicht realisieren. Viel interessanter ist dagegen die dritte im IAB-Bericht, allerdings nur erwähnte Möglichkeit der Auswahl von Innovationsereignissen mit Hilfe vorgegebener Suchbegriffe. Damit läßt sich das Innovationsaufkommen in solchen Schlüsselbereichen dann identifizieren, wenn es gelingt, diesen die entsprechenden Suchbegriffe zuzuordnen. Wir glauben, daß diese Zuordnung mit dem hier angewandten Verfahren der textimmanent bestimmten Vorgabe von Suchbegriffen realisierbar ist.⁸⁷ Doch zunächst sollen, wie bereits erwähnt, Möglichkeiten und Probleme der Auswahl von thematisch orientierten Innovationsereignissen sowie deren Auswertungsmöglichkeiten exemplarisch anhand es Themas „Arbeit und Beruf“ vorgeführt und diskutiert werden.

4.4.6.3.2 Arbeit und Beruf

Bei der Datenerfassung seitens des IAB wurde dem Aspekt "Arbeit und Beruf" besondere Bedeutung beigemessen. Dabei war zu bedenken, daß die Innovationen rund um den Begriff "Beruf" dem üblichen, eher technisch geprägten Innovationsbegriff wenig entsprechen, daß auf Arbeit und Beruf bezogene Neuerungen in der Öffentlichkeit nur begrenzt zur Kenntnis genommen werden und in Sammelwerken kaum auftauchen. Lediglich der Stein'sche Kulturfahrplan (Stein 1976) weist regelmäßig Daten zur gesellschaftlichen und damit auch zur

⁸⁷ Im folgenden geht es also, um es noch einmal zu betonen, nicht um die Identifikation von Basisinnovationen, sondern um die Identifikation von Innovationsereignissen, die sich bestimmten technologischen Schlüsselbereichen zuordnen lassen. Könnte man einer Basisinnovation alle relevanten Innovationsereignisse eindeutig zuordnen, und wären alle diese Ereignisse in der Datenbank gespeichert, ließen sich aus der zeitlichen Verteilung der ausgewählten Ereignisse Phasen der Diffusion sowie der innovatorischen Clusterbildung bezüglich bestimmter Basisinnovationen zeithistorisch verorten. Da sich aber eine eindeutige Zuordnung von Basisinnovation und Innovationsereignis nicht umfassend und, vor allem, auch nicht automatisch bewerkstelligen läßt, orientiert sich unsere Analyse an technologischen Schlüsselbereichen und den diesen zuordenbaren Innovationen.

Berufsentwicklung aus. So wertet der interne IAB-Bericht, wie bereits erwähnt, zum Thema "Beruf..." lediglich 117 Dokumente der Datenbank aus.

Zur Identifikation der in der Datenbank enthaltenen Innovationen zu "Arbeit und Beruf" mit Hilfe des von uns entwickelten textimmanenten Suchverfahrens wurden in einem ersten Schritt alle Ereignisse ausgewählt, die unter der Kategorie „ART“ und „BES“⁸⁸ mindestens einen der nachfolgenden Suchbegriffe (ohne Unterscheidung von Groß- und Kleinbuchstaben) enthalten: "Arbeit", "Lohn", "Tarif", "Gehalt", "Gewerkschaft", "Beruf". Damit wurden insgesamt 1131 Ereignisse ausgewählt. In einem zweiten Schritt wurde für die ausgewählten Ereignisse der unter „ART“ und „BES“ enthaltene Text zu einem Stichwortregister weiterverarbeitet, wobei auch eine Vielzahl von Stoppwörtern definiert wurde. Das Ergebnis dieses Vorgehens ist ein thematisches Register mit allen – aus der Datenbank gewonnenen Begriffen – die mit den sechs genannten Suchbegriffen in Verbindung gebracht werden können. Dieses 538 Begriffe umfassende Register erschließt in systematischer Weise den Gesamtkontext der vorgegebenen Primär-Suchbegriffe und fächert damit deren thematisches Spektrum breit auf.

Man kann dieses Register, in Verbindung mit den Einträgen der Datenbank, nun dazu verwenden, sich über die verschiedenen, mit "Arbeit und Beruf" verbundenen Aspekte zu informieren. Dies wäre eine klassische Nutzungsmöglichkeit des Registers. Man kann die Begriffe dieses Registers aber zusätzlich noch als Suchbegriffe für einen erneuten Durchgang durch die Datenbank heranziehen, um alle Innovationsereignisse auszuwählen, in denen einer der Registerbegriffe vorkommt. Dies hat gegenüber der Auswahl anhand explizit vorgegebener Suchbegriffe (wie die sechs oben angegebenen) mehrere Vorteile.

Erstens repräsentieren die durch das Register festgelegten Suchbegriffe eine textimmanent bestimmte Auswahl aller, bezüglich einer vorgegebenen Thematik, relevanten Begriffe. Diese sind aus dem Text extrahiert und nicht lediglich vorgegeben. Damit ist gewährleistet, daß mit den Suchbegriffen die relevanten Ereignisse vollständig ausgewählt werden. Gibt man einzelne Suchbegriffe dagegen explizit vor, besteht die Gefahr, die Thematik inhaltlich zu verkürzen und damit relevante, in der Datenbank gespeicherte Ereignisse zu übergehen. Zweitens wird durch dieses Vorgehen (besonders durch die Liste der Stoppwörter) sichergestellt, daß keine Einträge ausgewählt werden, die mit der vor-

⁸⁸ Bei den Angaben zur Innovation wurde seitens des IAB zwischen der Art des Ereignisses (ART) und der Beschreibung des Ereignisses (BES) unterschieden. Die Ereignisart (ART) kann entweder in der Quelle bereits enthalten sein und wird dann übernommen. Wenn dies nicht der Fall ist, wird für das betreffende Ereignis aus einem internen Katalog vom Bearbeiter eine Ereignisart ausgewählt und dem Datensatz hinzugefügt. Es gibt viele Quellen, in denen nur sehr knappe Angaben stehen, ohne daß explizit eine Ereignisart angegeben ist, beispielsweise "1835 Erste deutsche Eisenbahn". Für die Beschreibung des Ereignisses (BES) wurden die Angaben über das Ereignis möglichst unverändert aus der Quelle übernommen.

gegebenen Thematik nichts zu tun haben. Würde man z.B. alle Ereignisse mit "gehalt" auswählen, wiederum ohne Unterscheidung von Groß- und Kleinbuchstaben, würden sich darunter auch Einträge mit "Nitratgehalt" befinden. Da diese Zeichenfolge jedoch in dem von uns erstellten thematischen Register nicht enthalten ist, werden auch keine entsprechenden Ereignisse ausgewählt. Definiert man in dieser Weise alle im thematischen Register enthaltenen Einträge als Suchbegriffe bezüglich der Thematik "Arbeit und Beruf", dann erhält man für insgesamt 178 Jahre 894 Innovationsereignisse. Dies sind 237 Ereignisse weniger als sie die Auswahl mit nur sechs Suchbegriffen ergab. Das liegt daran, daß, um das obige Beispiel noch einmal zu beanspruchen, Ereignisse mit Nitratgehalt jetzt nicht mehr ausgewählt wurden, wohl aber im 1. Durchgang aufgrund des Suchbegriffs „gehalt“.

Vergleicht man nun unsere Ergebnisse mit jenen des IAB-Berichts, dann zeigen die in Tabelle 3 dargestellten zeitspezifischen Ereignishäufigkeiten zu den Themen "Arbeit und Beruf" (unsere Auswahl) sowie Beruf (IAB-Auswahl) doch markante Unterschiede. Die IAB-Studie weist für die Zeit bis 1905 lediglich 22 Dokumente nach. Von 1906-33 wird eine erste Intensivierung und von 1934 bis 1963 wiederum ein Rückgang festgestellt. Von 1964 bis 1990 folgt eine erneute Intensivierung. Insgesamt, so das Fazit des IAB-Berichts, würden die Ereignisse zum Thema Beruf die zeitliche Abfolge zweier S-Kurven zeigen.

Tabelle 3: Ereignishäufigkeiten zum Thema „Arbeit und Beruf“

Zeit	Arbeit & Beruf		Beruf	
	Ereignisse	Ereignisse pro Jahr	Ereignisse	Ereignisse pro Jahr
-1905	233 ⁽¹⁾	1.5 ⁽¹⁾	22 ⁽²⁾	-- ⁽³⁾
1906-1933	186	6.6	34	1.2
1934-1963	151	5	13	0.4
1964-1990	306	11.3	43	1.6

⁽¹⁾ von 1750-1905; ⁽²⁾ von 1450-1905; ⁽³⁾ keine Angabe

Diese Behauptung ist insofern von Interesse, als der S-Kurve - häufig auch als "magische" Entwicklungskurve bezeichnet - gerade in der Innovationsforschung eine grundlegende Bedeutung zugesprochen wird. Kennzeichen der S- oder logistischen Kurve ist ein zunächst exponentieller Anstieg, der nach Erreichen des Wendepunktes in einen degressiven Anstieg übergeht und danach einem Sättigungspunkt oder Grenzwert zustrebt. Die erste Ableitung der S-Kurve, häufig auch "epidemische" oder "Glockenkurve" genannt, zeigt die verschiedenen Phasen sehr deutlich. Die Integration dieser Kurve, also deren kumulierte Häufigkeit, ergibt natürlich wieder die logistische Kurve, die deshalb auch die Summe aller Werte (Innovationsereignisse) bis zu einem Zeitpunkt T repräsentiert. In zahlreichen Innovationsstudien wird das in dieser

Kurve implizierte Wachstumsgesetz als typisch für die Ausbreitung von Innovationsprozessen dargestellt. Sie repräsentiere, so das Argument, den typischen Lebenszyklus einer Innovation, eines Produktes, einer Idee oder auch eines Paradigmas ("Aktionsparadigma"). Vor allem wenn es darum geht, Gesetzmäßigkeiten im Innovationsprozeß nachzuweisen, wird mit dieser Kurve argumentiert. Erfindungen und Innovationen würden nicht zufällig auftreten - quasi als "stochastische Flocken" vom Himmel fallen, sondern nach den Gesetzen der logistischen Wachstumskurve. Der Innovationsprozeß wäre streng geordnet und damit zu einem hohen Grad modellierbar und sogar prognostizierbar. Diese Prozesse würden so stabil und einheitlich verlaufen, daß man aus nur wenigen Daten des Prozeßbeginns mit Hilfe des geschätzten Modells die weitere Entwicklung prognostizieren könne. Dabei muß man jedoch beachten, daß dieses Wachstumsgesetz nur für die zeitliche Ausbreitung einer Innovation, eines Produktes usw. zu gelten scheint, nicht aber für den globalen Innovations- bzw. Produktionsprozeß einer Volkswirtschaft. Es ist ja gerade die Frage, welchen zeitlichen Verteilungsgesetzen der gesamtwirtschaftliche Innovationsprozeß unterliegt.

Um den Widerspruch zwischen Einzel- und Globalprozeß zu überwinden, geht man nun davon aus, daß sich sowohl der globale Innovationsprozeß als auch die gesamtwirtschaftliche Entwicklung aus einer Vielzahl solcher logistisch verlaufender Subprozesse zusammensetzt. Der globale Entwicklungsprozeß, der die logistisch verlaufenden Subprozesse in gewisser Weise verdeckt, läßt sich daher in einzelne logistische Wachstumsprozesse zerlegen. Danach wäre der gesamte Innovationsprozeß eine vielschichtige Überlagerung zahlreicher S-förmiger Wachstumsprozesse, in denen sich die Lebenszyklen der Strukturelemente widerspiegeln. Diese Vorstellung, wonach nicht nur der globale Innovationsprozeß, sondern die ökonomische Entwicklung schlechthin einem solchen S-förmigen Muster folgt, ist auch die Basis für das seinerzeit vieldiskutierte Metamorphosemodell von Gerhard Mensch (1975). Nach seiner Ansicht läßt sich die wirtschaftliche Entwicklung als gesetzmäßige Abfolge logistischer Wellen darstellen, wobei jede Welle durch eine Basisinnovation geprägt wird und gleichzeitig ihren Lebenszyklus darstellt. Wir wollen die damit verbundene Diskussion hier nicht im Detail nachvollziehen. Die folgenden Ausführungen werden zeigen, daß die logistische Kurve nicht generell eine gute Approximation von Innovationsprozessen darstellt und daß sie, wie jedes statistische Verfahren, zahlreiche Voraussetzungen impliziert, über deren Gültigkeit sich der Forscher vorab genau Rechenschaft ablegen sollte. Auf die Frage, ob und wenn ja, für welche Innovationsprozesse logistische Wachstumskurven typisch sind, werden wir in den nachfolgenden Beispielen noch zurückkommen.

Betrachten wir nun die Ereignishäufigkeit der von uns ausgewählten Daten zum Thema „Arbeit und Beruf“. Deren zeitliche Verteilung ist hier und im folgenden immer sowohl zusammen mit der Reihe aller Ereignisse (vgl. Abb.

24a) als auch zusammen mit der Trendkurve (vgl. Abb. 24b) dargestellt. Der in Abbildung 24b eingezeichnete "Intensitätstrend" resultiert aus der Glättung der Ereignisreihe. Zur Glättung wurde ein Tiefpaßfilter verwendet, der alle Schwingungen mit einer Periodendauer von 20 und mehr Jahren als glatte Komponente darstellt.⁸⁹ In dieser glatten Komponente drückt sich die durchschnittliche Innovations- bzw. Ereignisintensität aus. Der Intensitätstrend läßt sich demnach als durchschnittliche zeitspezifische Intensität der Innovationsereignisse zum Thema "Arbeit und Beruf" interpretieren. Offensichtlich unterliegt der Intensitätstrend langfristigen Veränderungen, die sich für die Kurve der Absolutzahlen wie folgt interpretieren läßt: Es gibt nur eine Periode, nämlich 1927-1944, in der die Häufigkeit absolut zurückgeht. Von 1879-1926 und von 1944-1990 nimmt die Intensität stark zu. Von 1810-1870 ist ein eher bescheidener Anstieg festzustellen, und von 1750-1810 kann man diesbezüglich von einer Konstanz sprechen. Damit indiziert die Trendkurve sehr unterschiedliche Intensitätsphasen bezüglich der Befassung mit dem Thema „Arbeit und Beruf“.

Würde es sich bei der Ereignishäufigkeit zum Thema "Arbeit und Beruf" um einen S-förmigen Verlauf handeln, müßte die Reihe einer epidemischen und die kumulierte Reihe einer logistischen Kurve folgen. Wie die Abb. 24c zeigt, läßt der für die kumulierte Ereignisreihe geschätzte logistische Trend die typische S-Form aber nur mit viel Phantasie erkennen. Die Residuen weisen langfristige Trendabweichungen auf und sind hochkorreliert. Die größte Abweichung fällt ins Jahr 1989. Nach dieser Schätzung würde der Grenzwert des logistischen Trends (1431 Ereignisse) im Jahr 2164 erreicht. Dabei wurde hier und im folgenden davon ausgegangen, daß der Grenzwert praktisch dann erreicht ist, wenn die Trendprognose 99% des Grenzwerts erreicht. Der Hoch- bzw. Wendepunkt fällt ins Jahr 1976. Erst wenn man die für den Zeitraum von 1750-1991 geschätzten und die für die folgenden 200 Jahre prognostizierten Werte zusammennimmt, zeigt sich für die kumulierte Reihe der typische S-förmige und für die Einzelwerte der typische glockenförmige Verlauf. Die "Glockenkurve" in Abb. 24d repräsentiert die 1. Differenzen des für die kumulierte Reihe geschätzten logistischen Wachstumstrends. Der prozentuale Anteil der ausgewählten Ereignisse an allen Ereignissen gibt Auskunft über die relative Bedeutung der vorgegebenen Thematik für den gesamten Innovationsprozeß.

Obwohl man unsere Ergebnisse zu "Arbeit und Beruf" nur eingeschränkt mit der IAB-Reihe zum Thema Beruf vergleichen kann, zeigt sich doch folgendes sehr deutlich: Das textimmanente Suchverfahren bietet die Gewähr, die thematisch relevanten Innovationsereignisse vollständig zu erfassen. Damit läßt sich nicht nur die Phaseneinteilung sehr viel genauer vornehmen, es lassen sich

⁸⁹ Die 20-Jahres Periode wurde gewählt, um diesen Trend mit den verschiedenen Basisinnovationsreihen vergleichen zu können, deren Basisperiode häufig 10 Jahre beträgt.

auch Aussagen über Gesetzmäßigkeiten und typische Entwicklungsmuster mit Hilfe statistischer Methoden, besonders der Zeitreihenanalyse, genauer überprüfen.

4.4.6.3 Innovationen in technologischen Schlüsselbereichen

Im folgenden betrachten wir eine Auswahl jener technologischen Schlüsselbereiche, denen für die wirtschaftliche Entwicklung seit Beginn der Industriellen Revolution grundlegende Bedeutung zugesprochen wird und zwar: Textil und Dampfmaschine, Eisenbahn, Elektrotechnik, Chemie, Automobil und Elektronik. Dabei wurden für jedes der vorgegebenen Themen die Suchbegriffe in genau derselben Weise festgelegt, wie für das Thema "Arbeit und Beruf".⁹⁰ Aus den ausgewählten Ereignissen wurde wiederum ein Stichwortregister erstellt, wobei auch hier mit Stoppwörtern gearbeitet wurde. Die Registereinträge, die das Spektrum des jeweiligen Themas breit abdecken, dienen dann wieder als Suchbegriffe für eine erneute Ereignisauswahl. Wie beim Thema "Arbeit und Beruf" wurden also auch hier die Suchbegriffe für die endgültige Auswahl der Ereignisse textimmanent bestimmt. Mehrfachzuordnungen von Ereignissen zu unterschiedlichen Themen sind dabei nicht automatisch ausgeschlossen, da es durchaus sinnvoll erscheint, die Elektrolokomotive sowohl beim Thema Eisenbahn, wie auch beim Thema Elektrizität zu berücksichtigen.

Aus der Häufigkeit und der zeitlichen Struktur der gefundenen Ereignisse lassen sich dann Aussagen zum zeitlichen Verlauf des Innovationsaufkommens sowie zur Innovationsintensität auf breiter Quellengrundlage vergleichend darstellen. Dabei steht, wie bereits erwähnt, nicht die Definition und Identifikation einer bestimmten Schlüssel- oder Basisinnovation im Mittelpunkt, sondern die zeitliche Struktur der zu einem bestimmten technologisch-industriellen Schlüsselbereich gefundenen Ereignishäufigkeit.

Betrachten wir nun die Ergebnisse im einzelnen. In Tabelle 4 sind zu jedem Thema die Primärsuchbegriffe, die Anzahl der textimmanent identifizierten Ereignisse, der jeweilige Zeitraum sowie die Anzahl der Jahre, in denen ein entsprechendes Ereignis gefunden wurde, aufgeführt.

⁹⁰ Eine unentbehrliche Hilfe bei der Auswahl der Primärsuchbegriffe ist ein von uns erstelltes Stichwortregister, das den gesamten Informationsgehalt der Kategorien ART und BES erschließt. Dieses Register umfasst 26.709 Einträge.

Tabelle 4: Themen und Primär-Suchbegriffe

Thema	Primär-Suchbegriffe	Ereignisse	Zeitraum/Bel. Jahre
Textil und Dampfkraft	Textil, Dampf	424	1755-1989 (169)
Eisenbahn	Bahn, Schiene, Lokomot...	568	1767-1990 (169)
Elektrotechnik	Elektri..., Elektro... (nicht: Elektron...)	1128	1750-1991 (212)
Chemie	Chemie	1270	1760-1991 (205)
Automobil	Auto, PKW, LKW, Kraft...	297	1769-1991 (123)
Elektronik	Elektron...	402	1879-1991 (95)

Wir beginnen mit der *Eisenbahn*, da hier alle in unserem Zusammenhang relevanten Aspekte exemplarisch behandelt werden können, und da auch zu diesem Bereich der bereits erwähnte IAB-Bericht entsprechende Angaben enthält⁹¹. Im IAB-Bericht sind aufgrund von 165, mit dem Suchbegriff "Eisenb.." ausgewählten Ereignissen folgende fünf Innovationsphasen unterschieden worden:

1) Vorphase der Entwicklung, beginnend 1791 mit einem Vorschlag aus Schweden, eine Dampfeisenbahn zu bauen, die auf zwei glatten und einer Zahnschiene fahren solle, bis zu der Inbetriebnahme eines Puddelofens auf dem Rasselstein, der Eisen für das Walzwerk lieferte, das die Schienen der ersten deutschen Eisenbahn walzte (1824). Für diese Vorphase sind 10 Ereignisse aus insgesamt 15 Quellen in der Datenbank nachgewiesen, also 0,34 bzw. 0,44 Meldungen pro Jahr.

2) Die Hauptphase der Innovation beginnt mit der Fertigstellung und Inbetriebnahme der Eisenbahnlinie von Stockton nach Darlington durch George Stephenson am 27.9.1825. Diese Innovation ist in sechs Ereignissen aus insgesamt 17 Quellen in der Datenbank enthalten. Diese Phase ist 1840 beendet. Zu dieser Zeit gibt es in Deutschland ein Schienennetz von 549 km Länge. In der Datenbank sind für diesen Zeitraum 64 Ereignisse gespeichert (4 Dokumente pro Jahr), die aus 104 Quellen stammen (6,5 Meldungen pro Jahr). In diese Zeit fallen die folgenden wesentlichen Ereignisse:

⁹¹ Der zeitlich früher auftretende technologische Schlüsselbereich "Textil und Dampfkraft" wird im Anschluß daran erörtert.

1827	Eisenbahn mit Pferdebetrieb Linz-Budweis
1828	Eisenbahn mit Pferdebetrieb, im gleichen Jahr auch Dampfbetrieb, St. Etienne-Andrezieux (Frankreich)
1829	Eisenbahn Baltimore-Ellicots-Mills (USA)
1830	Eisenbahn Manchester-Liverpool
1830	Eisenbahn Prag-Lahna
1830	Eisenbahn Charleston-Ogosta (USA)
1832	Eisenbahn Linz-Budweis auf Dampfbetrieb umgestellt
1833	veröffentlicht List eine Denkschrift über ein deutsches Eisenbahnnetz
1834	werden in den USA Wagen mit Drehgestellen gebaut
1835	Erste deutsche Eisenbahn Nürnberg-Fürth
1835	Eisenbahn Brüssel-Mechelen
1837	Eisenbahn Paris-St. Germain
1837	Eisenbahn Leipzig-Dresden
1837	Eisenbahn auf Cuba
1837	Eisenbahn in Australien
1837	Eisenbahn St. Petersburg - Zarskoje Selo
1837	Eisenbahn Wien - Florisdorf

3) Von 1841 bis 1872 erfolgen weitere Innovationen, die Innovationsintensität flaut aber ab. Für diese 32 Jahre finden sich 51 Ereignisse (1,6 pro Jahr) und 84 Meldungen (2,6 pro Jahr).

4) Von 1873 bis 1914 geht die Innovationsintensität weiter zurück. Für diesen Zeitraum sind 22 Ereignisse (0,5 pro Jahr) aus 25 Quellen (0,6 pro Jahr) nachgewiesen.

5) Von 1915 bis 1990 sind nur noch wenig Innovationen gemeldet. In der Datenbank finden sich für diesen Zeitraum 18 Ereignisse. Mehrfache Quellen treten nicht auf. Die Rate liegt bei 0,24 Innovationen pro Jahr.

Insgesamt, so das Fazit des IAB-Berichts, würde sich aus dem zeitlichen Verlauf der Innovationsereignisse wiederum die für Schlüsselinnovationen typische S-Kurve ergeben.

Nach dem von uns durchgeführten Auswahlverfahren sind zum Thema Eisenbahn 568 Innovationsereignisse in der Datenbank nachgewiesen. Deren zeitlicher Verlauf ist zusammen mit der Reihe aller Innovationsereignisse in Abbildung 25a dargestellt. Die höchste Innovationsintensität läßt sich für die Jahre von 1825 bis 1840 feststellen, dabei fällt die Spitze ins Jahr 1835 (vgl. auch Abb. 25b). Dies entspricht der im IAB-Bericht angesprochenen Hauptphase der Innovation. Ab der Mitte bis zum Ende des 19. Jahrhunderts steigt die Innovationshäufigkeit jedoch wieder an. Dies widerspricht der Auffassung, wonach die Innovationsintensität nach der Hauptphase zunächst langsamer, dann aber stärker zurückgegangen sei. Ganz deutlich weisen die von uns ausgewählten Ereignisse an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert einen erneu-

ten Höhepunkt auf. Obwohl die Innovationshäufigkeit danach bis 1916 stark zurückgeht, läßt sich ab etwa 1945 ein erneuter Anstieg feststellen. Schätzt man für die kumulierte Ereignishäufigkeit den logistischen Wachstumstrend (vgl. Abb. 25c), dann ergeben sich auch hier hochkorrelierte Residuen, wobei die höchste Abweichung zwischen Trend und Reihe ins Jahr 1990 fällt. Der Sättigungswert von 540 wäre nach diesen Berechnungen praktisch im Jahr 2028 erreicht. Da der obere Wendepunkt der Glockenkurve ins Jahr 1889 fällt, hieße das, daß die Innovationsintensität zum Thema Eisenbahn von 1767 bis 1889 kontinuierlich zugenommen hätte, was aber aufgrund des tatsächlich festgestellten Verlaufs ein Artefakt ist. Die Innovationshäufigkeit weist vielmehr ein zeitlich recht differenziertes Muster auf.

Im folgenden wird die zeitliche Abfolge der Innovationsintensität etwas genauer untersucht. Dazu wurde die Ereignisreihe wieder mit einem Tiefpaßfilter geglättet, der alle Schwingungen mit einer Periodendauer von 20 und mehr Jahren als glatte Komponente darstellt. In dieser glatten Komponente drückt sich, wie bereits erwähnt, die durchschnittliche zeitspezifische Innovationsintensität aus. Ereignisreihe und Trendkurve sind in Abb. 25b dargestellt. Zusätzlich haben wir berechnet, bis zu welchem Jahr sich jeweils 5%, 10%, 20%,... 90%, 100% aller zu diesem Thema nachgewiesenen Innovationen ereignet haben. Die Ergebnisse zum Thema Eisenbahn sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Innovationsintensität zum Thema Eisenbahn
(568 Ereignisse im Zeitraum von 1767-1990)

Prozent- Abstände	Datum	Jahre	Intensitätskoef- fizient
0	1767	0	0
5	1821	54	0.09
10	1830	9	0.55
20	1838	8	1.25
30	1860	22	0.45
40	1880	20	0.5
50	1891	11	0.91
60	1902	9	1.11
70	1927	25	0.4
80	1952	25	0.4
90	1972	20	0.5
100	1990	18	0.56

Ist die Anzahl der Ereignisse groß (klein), sind die Zeitabstände zwischen den jeweiligen Prozentwerten klein (groß). Ereignen sich z.B. 10% aller Ereignisse

in nur 5 Jahren, so ist die Innovationsintensität dieser Jahre höher, als wenn sich 10% aller Ereignisse auf einen Zeitraum von beispielsweise 25 Jahren verteilen würden. Das Verhältnis von Prozentwert zu Zeitabstand läßt sich damit als Indikator der Innovationsintensität interpretieren und wird von uns als Intensitätskoeffizient bezeichnet.⁹² Dieser Indikator hat den Vorteil, daß er die Innovationsintensität indiziert, ohne daß man von zeitreihenanalytischen Verfahren, deren Gültigkeit ja immer von bestimmten Bedingungen abhängt, Gebrauch machen müßte. Er stellt mithin eine relativ robuste Maßzahl dar. Er hat jedoch den Nachteil, daß sich mit ihm die Intensitätsphasen nur grob datieren lassen, da durch den vorgegebenen 10% Abstand gewisse Grenzen gesetzt sind. Zusammen mit dem Intensitätstrend ist der Intensitätskoeffizient jedoch ein recht robustes und verlässliches Maß zur Darstellung des jeweiligen Innovationsverlaufs und seiner zeitspezifischen Intensität. Der Verlauf der beiden Kurven in Abb. 25d bestätigt und konkretisiert die obige Phasenbeschreibung. Intensitätsspitzen fallen in die Zeit von 1835-38 und 1896-1902.

Unsere Ergebnisse widersprechen den Feststellungen im IAB-Bericht in mindestens zwei wichtigen Punkten. Erstens hat die Innovationsintensität zum Thema Eisenbahn zwar zwischen 1825 und 1840 ihren Höhepunkt, sie ist aber auch in der Folgezeit und vor allem im 19. Jahrhundert noch so stark, daß man nicht generell von einem kontinuierlichen Nachlassen der Intensität sprechen kann. Zweitens steht fest, daß der zeitliche Verlauf der Innovationsereignisse mit dem im IAB-Bericht angenommenen S-förmigen Kurvenverlauf kaum angemessen beschrieben werden kann.

Betrachten wir als zweites Beispiel *Textil und Dampfkraft*. Sie gelten als jene technologischen Schlüsselbereiche, die am Ende des 18. Jahrhunderts die Industrielle Revolution eingeleitet haben und wichtige Elemente des sich etablierenden selbsttragenden Wirtschaftswachstums darstellen. Allerdings sind sie nicht die einzigen Bereiche, die nach Schumpeter den ersten industriellen Kondratieff, der üblicherweise in die Zeit von 1780 bis 1840 datiert wird, ausgelöst haben. Zu berücksichtigen wären hierbei auch Bergbau, Eisen- und Werkzeugmaschinenindustrie.

Zum Thema „Textil und Dampf“ wurden 415 Innovationsereignisse ausgewählt, die sich über den Zeitraum von 1755 bis 1989 auf 167 Jahre verteilen (vgl. Abb. 26a und 26b). Die dominierende Innovationsphase fällt in die Zeit von 1825 bis 1835, wobei 1825 die Spitze markiert. Im 18. Jahrhundert läßt sich ein deutlicher Anstieg bis 1786 erkennen, wobei um 1769 eine erste Spitze festzustellen ist. Ab den 1790er Jahren beginnt die Intensität wieder zuzunehmen. Neben 1825-35 fallen weitere Innovationsspitzen in die Zeit um 1858 und 1883. Spätestens ab den 1890er Jahren geht das Innovationsaufkommen zurück. Ende der 1920er Jahre ist aber noch einmal eine Intensivierung festzustellen.

⁹² Der Wert von 0.09 in der letzten Spalte von Tab. 5 ergibt sich aus: $5(\%) / 54 \text{ (Jahre)} = 0.09$. Der übernächste Wert in dieser Spalte, 1.25, resultiert aus: $10(\%) / 8 \text{ (Jahre)}$.

len. Betrachtet man den Intensitätskoeffizienten zusammen mit dem Trend (vgl. Abb. 26d), wird durch ihn die Zeit um 1830 als eindeutig dominante Innovationsphase hervorgehoben. Stark ausgeprägt ist der kontinuierliche Rückgang im 20. Jahrhundert. Diese Innovationswellen werden durch den Innovationskoeffizienten (vgl. Tabelle 6) teilweise leicht zeitverzögert bestätigt.

Der für die kumulierte Ereignishäufigkeit geschätzte logistische Wachstumstrend (vgl. Abb. 26c) führt zu stark ausgeprägten Residuen, die deshalb auch hochkorreliert sind. Er zeigt aber deutlicher als die bisherigen Kurven einen S-förmigen Verlauf. Der Sättigungswert von 405 wird durch den logistischen Trend mit einem Wert von 401 praktisch schon im Jahr 1989 erreicht. Der obere Wendepunkt der Glockenkurve fällt ins Jahr 1841, wodurch die Hauptphase der Innovation fast korrekt wiedergegeben wird. Insgesamt kommt in der geschätzten S-Kurve der tatsächliche Verlauf der Innovationsintensität recht treffend zum Ausdruck.

Tabelle 6: Innovationsintensität zum Thema Textil und Dampfkraft (415 Ereignisse im Zeitraum von 1755-1989)

Pozent- Abstände	Datum	Jahre	Intensitätskoeffizient
0	1755	0	0
5	1769	14	0.36
10	1781	12	0.42
20	1798	17	0.59
30	1814	16	0.63
40	1825	11	0.91
50	1838	13	0.77
60	1855	17	0.59
70	1879	24	0.42
80	1896	17	0.59
90	1928	32	0.31
100	1989	61	0.16

Zum Thema *Elektrotechnik* sind nach dem von uns durchgeführten Auswahlverfahren für die Zeit von 1750-1991 insgesamt 1128 Innovationsereignisse nachgewiesen. Deren zeitlicher Verlauf ist zusammen mit der Reihe aller Innovationsereignisse in Abbildung 27a dargestellt. Eine erste Intensivierung fällt ins Jahr 1820 (vgl. Abb. 27b). Von 1820 bis 1871 ist eine schwach ausgeprägte Welle erkennbar. Die höchste Innovationsintensität läßt sich für die Zeit von 1881-1890 feststellen, danach fällt sie bis 1919 ab. Spitzenreiter sind die Jahre 1881 und 1890. Eine weitere, jedoch wesentlich schwächer ausgeprägte Inten-

sitätswelle fällt in die 1920er und 1950er Jahre. Der Verlauf des Intensitätskoeffizienten (vgl. Tabelle 7) in Abbildung 27d bestätigt ganz deutlich die für die 1890er Jahre diagnostizierte Intensitätsspitze.

Der für die kumulierte Ereignishäufigkeit geschätzte logistische Wachstumstrend (vgl. Abb. 27c) zeigt zwar eine insgesamt schlechte Approximation (starke Trendabweichung der hochkorrelierten Residuen), aber trotzdem einen deutlich ausgeprägten S-förmigen Verlauf. Die größte Abweichung zwischen Trend und Reihe datiert ins Jahr 1878. Der Sättigungswert von 1112 wäre nach diesen Berechnungen im Jahr 2021 erreicht. Der obere Wendepunkt der Glockenkurve fällt ins Jahr 1895, womit die Hauptphase der Innovation annähernd richtig wiedergegeben wird.

Tabelle 7: Innovationsintensität zum Thema Elektrotechnik (1128 Ereignisse im Zeitraum von 1750-1991)

Pozent- Abstände	Datum	Jahre	Intensitäts- koeffizient
0	1750	0	0
5	1802	52	0.1
10	1829	27	0.19
20	1859	30	0.33
30	1880	21	0.48
40	1886	6	1.67
50	1892	6	1.67
60	1902	10	1.0
70	1921	19	0.53
80	1938	17	0.59
90	1965	27	0.37
100	1991	26	0.38

Nach dem von uns durchgeführten Auswahlverfahren sind zum Thema *Chemie* 1270 Innovationsereignisse nachgewiesen. Deren zeitlicher Verlauf ist zusammen mit der Reihe aller Innovationsereignisse in Abbildung 28a dargestellt. Sieht man einmal von der Spitze um 1988 ab, läßt sich die höchste Innovationsintensität um 1935 feststellen (vgl. Abb. 28b). Spitzenreiter sind die Jahre 1936 und 1938. Damit scheint die Hauptphase der Innovation zwischen 1925 und 1938 zu liegen. Der trendmäßige Anstieg beginnt bereits um 1919. Im 19. Jahrhundert markiert das Jahr 1886 die Spitze, wobei die Entwicklung von 1873 bis 1919 durch zwei kürzere Innovationswellen gekennzeichnet ist. Nach 1975 ist ein erneuter Anstieg festzustellen. Dies ist insofern von Interesse, als dieses Jahr im allgemeinen als das Ende des "Golden Age" und als Beginn der

Rückkehr zu einem Normalwachstum gesehen wird. Berechnet man wieder den Intensitätskoeffizienten (vgl. Tabelle 8) und vergleicht dessen Verlauf mit dem Trend der Ereignishäufigkeit in Abb. 27d, dann wird auch hier die oben vollzogene Phaseneinteilung bestätigt. Intensitätsspitzen fallen in die zweite Hälfte der 1930er und 1980er Jahre.

Tabelle 8: Innovationsintensität zum Thema Chemie (1270 Ereignisse im Zeitraum von 1760-1991)

Pozent- abstände	Datum	Jahre	Intensitätskoef- fizientt
0	1760	0	0
5	1807	47	0.11
10	1832	25	0.2
20	1879	47	0.21
30	1897	18	0.56
40	1916	19	0.53
50	1932	16	0.62
60	1940	8	1.3
70	1956	16	0.62
80	1972	16	0.62
90	1986	14	0.71
100	1991	5	2.0

Der für die kumulierte Ereignishäufigkeit geschätzte logistische Wachstumstrend (vgl. Abb. 28c) zeigt eine zufriedenstellende Approximation. Der Sättigungswert von 1833 wäre nach diesen Berechnungen im Jahr 2176 erreicht. Da der obere Wendepunkt der Glockenkurve ins Jahr 1961 fällt, werden jedoch hier die Hauptphasen der Innovation um 1935 und um 1988 ignoriert. Insgesamt weist die Innovationsintensität ein zeitlich viel differenzierteres Muster auf, als es durch eine logistische Kurve angemessen beschrieben werden könnte.

Auch die Entwicklung des *Automobils* wird im IAB-Bericht als eine wesentliche und folgenreiche Innovation bewertet. Führt die Eisenbahn, so die Argumentation im IAB-Bericht, zusammen mit der Dampfmaschine zur zentralisierten Industrialisierung, so hat das Auto wiederum eine Dezentralisierung ermöglicht. Gleichzeitig sind dabei Transportdienstleistungen durch das Produkt Auto ersetzt worden. Während die Eisenbahn ein Investitionsprodukt war, ist das Auto als Konsumprodukt entwickelt und eingeführt worden. Dies hat den Innovationsverlauf entscheidend mitgeprägt.

Als Auswahlbegriffe sind im IAB-Bericht genannt: "Automo", "Kraftfahr", "Kraftwagen" und "PKW". Damit ergeben sich 155 Dokumente, die auf insgesamt 174 Quellen beruhen. Im IAB-Bericht wird darauf hingewiesen, daß im Unterschied zur Eisenbahn die Zahl der Quellen mit gleichen Informationen, also Mehrfachnennungen, wesentlich niedriger sei als bei der Eisenbahn. Es wird darauf zurückgeführt, daß das Innovationsgeschehen rund ums Auto individueller, während die Berichte über die Bahn doch globaler und allgemeiner gewesen seien. Tatsächlich resultiert dieses Ergebnis jedoch aus dem bereits geschilderten Quellenproblem im Zusammenhang mit der Verwendung von Standardwerken. Folgende Entwicklungsphasen sind im IAB-Bericht aufgeführt:

Der Cugnot'sche Dampfwagen (1769) war der frühe Vorläufer des Autos, doch danach war lange Zeit in diesem Bereich keine weitere Innovation gemeldet. Erst 1807 beginnen in einer Frühphase Innovationen: Dampfautos, bereits regelmäßige Omnibuslinien mit dampfgetriebenen Fahrzeugen, dann Elektroautos. Für diese frühe Phase, die 87 Jahre umfaßt sind 15 Dokumente aus 24 Quellen in der Datenbank (0,2 bzw. 0,3 pro Jahr) nachgewiesen.

Die Hauptentwicklungsphase beginnt mit dem Bau des ersten Autos von Benz im Jahre 1885 und endet etwa 1903. In diesem Jahr hat Henry Ford die Serienfertigung im Automobilbau eingeführt. Das Produkt Auto war bereits soweit entwickelt, daß es breit einsetzbar war. Für diese Hauptentwicklungsphase sind 2,2 Dokumente pro Jahr in der Datenbank enthalten. Seit 1904 läuft die Entwicklung mit einer Rate von 1,1 Dokumenten bzw. 1,2 Quellenauswertungen pro Jahr gleichmäßig weiter.

Auch für den Innovationsverlauf beim Automobil wird im IAB-Bericht eine S-Kurve diagnostiziert, wobei der aktuelle Ast etwas steiler als bei der Eisenbahn verlief. Dies wird darauf zurückgeführt, daß beim Auto die Innovationen weiterlaufen und auch entsprechend berichtet und dokumentiert würden. Nach dem von uns durchgeführten Auswahlverfahren sind zum Thema Auto 297 Innovationsereignisse nachgewiesen. Deren zeitlicher Verlauf ist zusammen mit der Reihe aller Innovationsereignisse in Abbildung 29a dargestellt. Die höchste Innovationsintensität läßt sich um 1900 sowie in den Jahren von 1921-38 feststellen (vgl. Abb. 29b). Spitzenreiter sind die Jahre 1899 und 1938. Damit scheint die Hauptphase der Innovation nicht bereits um 1903 geendet zu haben, wie es im IAB-Bericht angegeben wird, sondern bis 1938 anzudauern. Ab 1959 steigt die Innovationshäufigkeit wieder an. Insgesamt widersprechen diese Ergebnisse der im IAB-Bericht vertretenen Auffassung, wonach die Innovationsintensität nach 1904 mit einer konstanten Rate von 1.1 Dokumenten pro Jahr gleichmäßig weiterläuft. Ganz deutlich weisen die von uns ausgewählten Ereignisse von Ende des 19. Jahrhunderts bis Ende der 1930er Jahre eine hohe Intensität auf. Obwohl die Innovationshäufigkeit im I. und II. Weltkrieg deutlich einbricht, läßt sich auch nach dem II. Weltkrieg ein neuerlicher Anstieg feststellen.

Betrachtet man auch hier den Intensitätskoeffizienten (vgl. Tabelle 9) und vergleicht dessen zeitlichen Verlauf mit dem Trend der Ereignishäufigkeit (vgl. Abb. 29d), dann zeigen sich Intensitätsspitzen um 1900, um 1935 und am Ende des Betrachtungszeitraumes. Schätzt man für die kumulierte Ereignishäufigkeit den logistischen Wachstumstrend (vgl. Abb. 29c), dann fällt die höchste Abweichung zwischen Trend und Reihe ins Jahr 1991. Der Sättigungswert von 298 wäre nach diesen Berechnungen um etwa 2110 erreicht. Da der obere Wendepunkt der Glockenkurve ins Jahr 1934 fällt, bleibt die tatsächliche Hauptphase der Innovation um 1900 unerkannt. Auch hier weist die zeitliche Innovationsintensität ein viel differenzierteres Muster auf, als es durch eine logistische Kurve angemessen beschrieben werden könnte, und auch im Fall Automobil widersprechen unsere Ergebnisse den Feststellungen im IAB-Bericht in wichtigen Punkten. Die Innovationsintensität unterliegt auch nach 1900 noch so starken Schwankungen, daß man für diese Zeit nicht von einer gleichmäßigen Innovationsintensität ausgehen kann und zudem steht fest, daß sich auch hier der zeitliche Verlauf der Innovationsereignisse nur sehr eingeschränkt durch eine logistische Wachstumskurve approximieren läßt.

Tabelle 9: Innovationsintensität zum Thema Automobil
(297 Ereignisse im Zeitraum von 1769-1991)

Pozent- abstände	Datum	Jahre	Intensitätskoef- fizient
0	1769	0	0
5	1835	66	0.08
10	1870	35	0.14
20	1896	26	0.38
30	1902	6	1.67
40	1915	13	0.77
50	1929	14	0.71
60	1938	9	1.11
70	1958	20	0.5
80	1974	16	0.63
90	1983	9	1.11
100	1991	8	1.25

Zum Thema *Elektronik* sind für die Zeit von 1879-1991 nach dem von uns durchgeführten Auswahlverfahren 402 Innovationsereignisse nachgewiesen. Deren zeitlicher Verlauf ist zusammen mit der Reihe aller Innovationsereignisse in Abbildung 30a dargestellt. Eine erste Intensivierung findet ab 1917 statt (vgl. Abb. 30b). Diese verläuft in ausgeprägten Schwankungen bis 1958. Spit-

zenjahre sind 1933 und 1948. Bis 1965 geht die Intensität dann wieder zurück, steigt danach jedoch wieder an, um dann um ein relativ hohes Niveau zu schwanken. Die Hauptphase der Innovation fällt in die Zeit von 1948 bis 1958. Auch nach dem Verlauf des Intensitätskoeffizienten (vgl. Tabelle 10) in Abb. 30d fallen die Intensitätsspitzen in die 1950er und, etwas schwächer ausgeprägt, in die 1960er Jahre.

Hier zeigt der geschätzte logistische Wachstumstrend (vgl. Abb. 30c) eine recht gute Approximation der Reihe. Die größte Abweichung zwischen Trend und Reihe fällt ins Jahr 1961. Der Sättigungswert von 469 wäre nach diesen Berechnungen um etwa 2060 erreicht. Der obere Wendepunkt der Glockenkurve datiert ins Jahr 1961, womit die Hauptphase der Innovation nur leicht verzögert wiedergegeben wird. In diesem Fall scheint die jährliche Innovationsintensität tatsächlich um eine epidemische Kurve zu schwanken. Allerdings mahnt diese Feststellung zur Vorsicht. Ausgerechnet bei einer Technologie, die allenthalben als Schlüsseltechnologie der Zukunft gehandelt wird, würde nach diesen Ergebnissen der Höhepunkt hinter uns liegen.

Die wichtigsten Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchung von technologischen Schlüsselbereichen sollen abschließend thesenartig zusammengefaßt werden:

- 1) Die Innovationsintensität der ausgewählten Bereiche zeigt ein zeitlich sehr differenziertes Muster, bei dem Phasen hoher und niedriger Intensität aufeinanderfolgen bzw. sich gegenseitig ablösen.
- 2) Die Innovationsintensität eines Schlüsselbereichs läßt sich nicht generell durch eine logistische bzw. durch eine Glockenkurve beschreiben. Meist ist das Intensitätsmuster so diffizil, daß es sich nicht bzw. nur mit mehr oder weniger großen Abstrichen als Glockenkurve interpretieren läßt.
- 3) Fast alle Schlüsselbereiche haben aber eine zeitlich relativ eng begrenzte Phase (Kernphase), in der die Innovationshäufigkeit am höchsten ist.
- 4) Die Zeitdauer dieser Kernphasen ist unterschiedlich. Diese Unterschiede kommen im spezifischen Verlauf des Intensitätstrends zum Ausdruck.
- 5) Diejenigen Schlüsselbereiche, deren Innovationsspitzen am frühesten auftreten verlieren auch am frühesten wieder ihre Bedeutung, d.h. der Koeffizient nimmt stetig ab. Dabei treten neue Kernphasen anderer Schlüsselbereiche auf.
- 6) Die Koeffizienten der jüngeren Schlüsselbereiche sind in den jeweiligen Kernphasen größer. Das bedeutet, daß die Kernphasen kürzer werden. Unter Umständen kann dies damit erklärt werden, daß die Zeitspanne zwischen Invention und Innovation im Lauf der Zeit kürzer wird.

Tabelle 10: Innovationsintensität zum Thema Elektronik (402 Ereignisse im Zeitraum von 1879-1991)

Pozent-abstände	Datum	Jahre	Intensitätskoef-fizient
0	1879	0	0
5	1905	26	0.19
10	1921	16	0.31
20	1933	12	0.83
30	1941	8	1.25
40	1948	7	1.43
50	1955	7	1.43
60	1960	5	2.0
70	1969	9	1.11
80	1976	7	1.43
90	1983	7	1.43
100	1991	8	1.25

7) Es gibt Phasen, in denen sich die Kernphasen unterschiedlicher Schlüsselbereiche überlagern. Diese Phasen sind zeitlich relativ eng begrenzt. Die sich überlagernden Kernphasen haben dabei eine unterschiedliche Intensität. Offensichtlich gibt es in globalen Kernphasen dominante und nachgeordnete Schlüsselbereiche.

8) Die zeitliche Datierung der Kernphasen spiegelt das in der Literatur diskutierte zeitliche Aufkommen von Basisinnovationen wider.

Mit dieser Datenbank steht, das haben unsere Ausführungen zu zeigen versucht, der Forschung ein Material zur Verfügung, mit dem sich zahlreiche, bislang kontrovers diskutierte Fragen, erneut angehen lassen. So z.B. die Frage, in welcher Form und in welchem Ausmaß sich die Innovationen auf bestimmte Sektoren und ihre Umgebung verteilen, und wie sich dabei der Diffusionsprozeß konkret gestaltet. Besonders die vieldiskutierte Clusterbildung von Innovationen läßt sich in seiner sektoralen Tiefengliederung systematisch und zeithistorisch untersuchen. Von besonderem Interesse wird darüber hinaus sein, wie sich der Zusammenhang zwischen Innovationsprozeß und Wachstum und Konjunktur gestaltet. Gibt es den in der Forschung vielfach behaupteten Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Prosperität bzw. Depression und der Innovationstätigkeit. Man darf gespannt sein, welche neuen Erkenntnisse sich für die historische Innovationsforschung aus diesem Material in Verbindung mit neuen theoretischen und statistischen Ansätzen ergeben werden.

5. Maschinenbau

5.1 Einführende Bemerkung zum Maschinenbau

Der deutsche Maschinenbau im Zeitraum zwischen 1871 und 1990 deckt einen sehr heterogenen Sektor der Industrie ab, spielt jedoch in seiner Gesamtheit in der deutschen Wirtschaft eine herausragende Rolle und hat die Industrialisierung auf dem Territorium der verschiedenen deutschen Staaten erst ermöglicht. Der Maschinenbau wurde von uns gewählt, um anhand eines sehr gut erschlossenen Industriesektors die Möglichkeiten der Rekonstruktion von historischen Innovationsindikatoren zu testen. Nimmt man als Indikator für die Vielfalt des Sektors die Fachbereichsgliederung des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA), so sieht man im Vergleich von 1927 zu 1952 und 2000 zum einen eine Diversifizierung, zum anderen jedoch auch eine Zusammenfassung zuvor unabhängiger Bereiche.⁹³

5.2 Perspektive Maschinenbau

Um die Vielfalt der Fragestellungen für den Bereich Maschinenbau zu umreißen, sollen im Folgenden kurz zwei Teilbereiche beleuchtet werden, nämlich der Druckmaschinenbau nach 1945 und die Entwicklung der numerischen

⁹³ Folgende Fachbereiche sind genannt:

1927: Apparate; Arbeitsmaschinen; Hütten-, Stahl- und Walzwerksanlagen und Maschinen; Kraftmaschinen; Landmaschinen; Lokomotiven; Maschinen für die Papierindustrie und das graphische Gewerbe; Mechanische Fördermittel und Waagen; Sondermaschinen und Maschinenteile; Textilmaschinen; Werkzeugmaschinen; Zerkleinerungs- und Aufbereitungsmaschinen.

1952: Ackerschlepper; Apparatebau; Armaturen; Autogen-Geräte und –Maschinen; Bau- und Baustoffmaschinen; Bergwerksmaschinen; Büromaschinen; Druck- und Papiermaschinen; Eisenbahnsicherungsanlagen; Feuerlöschgeräte; Geldschränke und Tresoranlagen; Getriebe und Antriebs Elemente; Gießereimaschinen; Groß- und Schnellwaagen; Hebezeuge und Fördermittel; Holzbearbeitungsmaschinen; Hütten- und Walzwerkeinrichtungen; Industrieöfen; Kältemaschinen; Kraftmaschinen; Landmaschinen; Lufttechnische und Trocknungs-Anlagen; Maschinen für die Verarbeitung von Gummi und plastischen Massen; Maschinen für Schuh- und Lederindustrie; Nähmaschinen; Nahrungsmittelmaschinen; Präzisionswerkzeuge; Prüfmaschinen; Pumpen und Verdichter; Textilmaschinen; Walzengravuren; Waren- und Leistungsautomaten; Wäschereimaschinen; Werkzeugmaschinen. 2000: Allgemeine Lufttechnik; Antriebstechnik; Armaturen; Aufzüge; Automation + Management für Haus und Gebäude; Bau- und Baustoffmaschinen; Bekleidungs- und Leder-technik; Bergbaumaschinen; Druck- und Papiertechnik; Feuerwehrfahrzeuge und –geräte; Fluidtechnik; Fördertechnik; Geldschränke und Tresoranlagen; Gießereimaschinen; Gummi- und Kunststoffmaschinen; Holzbearbeitungsmaschinen; Hütten- und Walzwerkeinrichtungen; Informationstechnik; Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik; Kraftmaschinen; Landmaschinen und Ackerschlepper; Präzisionswerkzeuge; Prüfmaschinen; Pumpen; Reinigungssysteme; Robotik + Automation; Schweiß- und Druckgastech-nik; Software; Textilmaschinen; Thermo Prozeß- und Abfalltechnik; Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate; Waagen; Wäscherei- und Chemischreinigungsmaschinen; Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme.

Steuerungen. Hier haben neuere Arbeiten interessante Perspektiven u.a. auf die Zusammenhänge von Wirtschaft und Wissenschaft geworfen.

Susanne Franke (2000) untersucht in ihrer Dissertation die Erfolgsfaktoren der Druckmaschinenbranche im deutsch-deutschen Vergleich zwischen 1945 und 1990. Sie verwendet dabei einen modifizierten Netzwerkansatz nach Michael Porter, den dieser selbst wie folgt bestimmt: "Durch das Knüpfen formaler und informeller Kontakte zwischen benachbarten Industrien entstehen Netze, in denen die Unternehmen einer Branche aus der technologischen Verwandtschaft zu anderen Industrien ökonomische Vorteile erzielen können."⁹⁴ Franke stellt in ihrer Betrachtung fest, daß eben diese Branchennetzwerke für die Funktionsfähigkeit eines Innovationssystems eine wichtige Rolle spielen, da sie die einzelbetriebliche Innovationsintensität fördern und die Diffusion von Neuerungen beschleunigen. Sie erweitert im Folgenden den Porterschen Cluster-Begriff, den dieser als durch unterschiedliche intra- und interindustrielle Vernetzung zwischen interagierenden Branchen und deren Unternehmen bestimmt. Während Porter die staatliche Politik und Zufallsereignisse jedoch als endogene Faktoren betrachtet, bezieht Franke die Politik als nicht-industrielle Institution in ihre Betrachtung mit ein.⁹⁵ Ein weiteres Element ihrer Betrachtung ist ferner der Entstehungsprozeß der Branchennetzwerke. Franke unterscheidet drei Formen von Wissen, welche einem Cluster zugute kommen:

- allgemeines Wissen, welches sie als öffentliches Gut sieht,
- firmenspezifisches technologisches Know-how, das nur unternehmensrelevant ist und
- branchenspezifisches Know-how.

Letzteres sieht sie als Produkt aus intraindustriellen Spillover-Effekten zwischen Unternehmen einer Branche und interindustriellen Know-how Spillovers zwischen technologisch verwandten Industrien. Nach James M. Buchanan kann dieses auch als "Clubgut" bezeichnet werden, da es für andere Branchen irrelevant ist. Franke untersucht dann anhand der Druckmaschinenindustrie in der BRD und der DDR den Einfluß der Cluster auf die Innovationsdynamik der Branche. Unternehmen in beiden Ländern können auf lange Traditionen in dieser Branche zurückblicken und nutzen zunächst das überkommene Wissen, um den Betrieb wieder aufzunehmen. Im Westen betrachtet Franke v.a. die Marktführer Koenig&Bauer AG (Würzburg), Faber&Schleicher AG (Offenbach) und MAN-Roland Druckmaschinen AG (Augsburg), während im Osten die Voigtländische Maschinenfabrik (Plauen) und die Planeta (Dresden) untersucht werden. Die beiden ostdeutschen Unternehmen wurden ab 1948 Teil des VVB Polygraph, der 1970 zugunsten eines Kombinats aufgelöst wurde, in dem man sämtliche polygraphischen Betriebe in Sachsen zusammengefaßt hat.

⁹⁴ dies., S. 19.

⁹⁵ Interessanterweise sieht Porter die räumliche Agglomeration der Mitglieder als einen der Erfolgsfaktoren von Clustern an. Vgl. dies., S.38.

Im Systemvergleich fällt auf, daß Unternehmen im Westen stets enge Verbindungen zu verwandten Industrien, wie der Druck- und Verlagsindustrie unterhielten. Als nicht-industrielle Institutionen im Netzwerk stellt Franke den Fachverband der Druckereimaschinenhersteller (ab 1949 ein Fachverband des VDMA) und den Aufbau eines vielfältigen und vielschichtigen Forschungsnetzes heraus. Zu diesen zählt sie z.B. das Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren, welches Teil der TH Darmstadt wurde, oder die 1955 initiierte Forschungsgesellschaft Druckmaschinen.⁹⁶ Ferner wird die heute weltweit größte Fachmesse DRUPA genannt, die bereits 1945 ins Leben gerufen wurde. Auf der anderen Seite war in der DDR der Druckmaschinencluster durch eine dirigistische Struktur gekennzeichnet und weder dem VVB noch dem Kombinat Polygraph waren verwandte Industrien zugeordnet. Elektronische Bauelemente, die im Zuge der sog. "mikroelektronischen Revolution" der 1970er Jahre immer wichtiger wurden, kamen zuerst vom Kombinat Robotron und in den 1980er Jahren vom 1978 gebildeten Kombinat Mikroelektronik. Aufgrund der institutionellen Trennung wurden hierbei positive wechselseitige Impulse von vornherein unterdrückt. Franke zieht in diesem Zusammenhang den Schluß, daß sich "beim Aufkommen neuer Technologien und Verfahren [...] flexible netzwerkartige Verknüpfungen zwischen benachbarten Branchen als besonders wichtig" erweisen, "da sie den Wechsel auf neue technologische Pfade vorantreiben und unterstützen."⁹⁷

Anders als die westdeutschen Unternehmen konnte sich die Branche in der DDR auf einen wesentlich ausgeprägteren F&E-Kooperationsverbund stützen, in den die THs in Karl-Marx-Stadt, Leipzig und Dresden involviert waren. Darüber hinaus wurden eigene Forschungsinstitute gegründet, wie das Institut für graphische Technik (IGT) und die Zentrale Entwicklungs- und Konstruktionsstelle für polygraphische Maschinen (ZEK), das 1957 in das Institut für polygraphische Maschinen (ipm) (Leipzig) überführt wurde. Daneben existierte noch das Institut für polygraphischen Maschinenbau in Karl-Marx-Stadt, welches nach Berichten große Ähnlichkeiten im Aufbau mit dem Institut der TH-Darmstadt besaß.

Die beiden bedeutendsten Hersteller von Druckmaschinen waren, wie oben erwähnt, der VVB Polygraph und der VEB Planeta, denen beiden besondere Aufgaben von Seiten der Staatsführung zukamen. Während ersterer für die alleinige Druckmaschinenproduktion im RGB verantwortlich war, ließ man letzterem wichtige Außenhandelsfreiheiten, da sich die Maschinen gut in westlichen Industrieländern absetzen ließen und somit Devisen einbrachten. Über diesen Kontakt zum Weltmarkt konnte der VEB Planeta bis in die 1970er Jahre eine bedeutende Stellung auf eben diesem halten und schaffte sogar vor der westdeutschen Konkurrenz den Wechsel zur dann immer wichtiger werdenden

⁹⁶ Betrachtet man die räumliche Verteilung der Unternehmen und Forschungseinrichtungen, so liegen diese alle im westhessischen, nordfränkischen und im nordbadischen Raum.

⁹⁷ dies., S.175.

Offset-Technologie. Koenig&Bauer sowie die Heidelberger Druckmaschinen AG hielten zunächst am traditionellen Tiefdruckverfahren fest, wechselten dann jedoch ebenfalls den technologischen Pfad. Eine Art Wasserscheide markierte für die Hersteller in beiden Ländern die Einführung mikroelektronischer Steuerungsanlagen, über welche die DDR nicht verfügte und von deren Import sie durch die COCOM-Liste ausgeschlossen war. Zusätzlich reduzierte die Staatsführung der DDR ab 1971 die Aufwendungen für die mikroelektronische Forschung, die erst 1977 mit großem Aufwand wieder in den Fokus der Forschungspolitik rückte. Doch zu diesem Zeitpunkt hatte der Weltmarkt bereits einen großen Schritt in diesem Bereich gemacht, den die ostdeutschen Unternehmen nicht mehr nachvollziehen konnten. Vergleicht man beide Systeme nach dem II. Weltkrieg, so zeigen sich große Ähnlichkeiten, wenn auf bestehendes Know-how aufgebaut wird und man sich traditionell gut laufenden Produkten zuwandte. Die Einführung zweier neuer Technologien zeigt jedoch letztlich die Dünne des ostdeutschen Clusters. An die Darstellung von Franke könnte man nun die Frage anknüpfen, welchen Anteil die nicht-industriellen Netzwerkelemente an F&E und an der Innovationsdynamik hatten, was die Rolle des Staates im Innovationssystem betrifft.

Unser zweites Beispiel behandelt den Versuch von Schröder (1995), anhand von Fallbeispielen aus der Entwicklung numerisch gesteuerter Maschinen in den USA, Japan und der Bundesrepublik nach dem II. Weltkrieg Innovationsprozesse zu analysieren. In einem theoretisch orientierten Teil, welcher die Wurzeln und die diversen Ausprägungen der Analyse von Innovationen beschreibt, wird herausgestellt, daß Innovation in gesamtheitlicher Betrachtung gedeutet werden kann als:

- Kumulation einer Vielzahl von Entscheidungen, die Ergebnis selbstverstärkender und rückgekoppelter Prozesse sind,
- Erzeugung, Anwendung und Verbreitung von Wissen, also auch als Lernprozeß von Individuen, Gruppen und Organisationen und damit als
- sozialer Prozeß, wobei im Vordergrund die Akteure stehen.⁹⁸

Die wesentlichen Charakteristika des Systems BRD sind für Schröder die langsame Anfangsphase nach dem II. Weltkrieg bis etwa 1955, als das Bundesministerium für Kernforschung eingerichtet wurde. Ein Umdenken der Forschungspolitik erfolgte dann in den 1970er Jahren, als man sich von Großforschungsprojekten verabschiedete und die Finanzierung der Forschung bei insgesamt jedoch wachsenden Ausgaben reduzierte. Hier wirkte sich die föderative Staatsstruktur positiv durch konkurrierende Landesinstitutionen und Forschungseinrichtungen aus, die jedoch eine zentrale Steuerung erschwerte. Im Vergleich zur Bundesrepublik zeichnet sich das US-amerikanische System, durch einen konstant hohen bundesstaatlichen Anteil für verteidigungs-

⁹⁸ ders., S. 63f.

bezogene F&E aus (zwischen 1960 und 1993 immer über 50%). Darüber hinaus sind feststellbar:

- ein hoher Einfluß kleiner, technologieorientierter Unternehmen bei der Technikdiffusion,
- eine hohe Bedeutung der Industrieforschung und
- die geringe Vernetzung amerikanischer Hochschulforschung mit der Industrie.

Was das amerikanische Fallbeispiel angeht, so greift Schröder auf den "Innovator" der NC-Technik John T. Parsons mit seinem Unternehmen zurück. Parsons kooperierte zunächst mit dem MIT. Dieses löste sich jedoch mit eigenen Vorstellungen aus der Zusammenarbeit und erhielt einen Forschungsauftrag der US-Air Force, um den sich auch Parsons beworben hatte. Das MIT konnte in der Folge bis 1954 ungehindert mit Bundesmitteln forschen, mußte sich dann jedoch neue Geldgeber suchen. In dieser Phase initiierte die US-Air Force einen künstlichen Markt, indem sie das sog. "bulk-buy machine tool program" auflegte, welches die Nachfrage nach NC-gesteuerten Maschinen für die Rüstungsindustrie ansteigen ließ. Die Bedeutung des Staates bei dieser, durch die Kooperation verschiedener Wissenszweige entwickelten Technologie, ist offensichtlich. Die wirtschaftliche Folge war jedoch eine langwierige Diffusion der Technologie, da sie v.a. für mittelständische Unternehmen zunächst zu teuer war. "Eine weitflächige Verbreitung [...] vollzog sich erst mit der Einführung einfacher und universell einsetzbarer Steuerungen aus Japan und der Bundesrepublik."⁹⁹

Das als Beispiel für Deutschland herangezogene Unternehmen Siemens begann erst Ende der 1950er Jahre mit einer eigenen NC-Entwicklung (nach AEG und BBC). Siemens besaß natürlich ein großes Maß an Erfahrung in der Elektrotechnik und hatte gute Kontakte zum Werkzeugmaschinenbau. Aber das Unternehmen hatte zunächst auf klassische Technologie gesetzt und eine "ausgeprägte innovationsorientierte Unternehmenskultur [...] läßt sich für die Zeit der Aufnahme der F&E-Arbeiten [...] nicht feststellen. Dieser Eindruck wurde gestützt durch die lange Zeit eher passiv-beobachtender Haltung [...] gegenüber anfänglichen Entwicklungen anderer Firmen, vor allem in den USA [...]"¹⁰⁰ Interessant ist ferner die Feststellung von Schröder, daß sich eine Zusammenarbeit mit Universitäten erst sehr spät entwickelt, da der "Stand der Technik" an den Hochschulen nicht zeitgemäß war.¹⁰¹ Profitieren konnte Siemens bei der Entwicklung von der Kooperation mit dem japanischen Marktführer Fujitsu/FANUC. Allerdings kann man den Zeitpunkt der Einführung der NC-Technologie Anfang der 1960er Jahre als verfrüht ansehen, da Siemens not-

⁹⁹ ders., S. 142.

¹⁰⁰ ders., S. 168.

¹⁰¹ Der erste Kontakt ergab sich, nach Schröder, mit Professor Opitz von der RWTH-Aachen im Jahre 1967.

wendiges Know-how noch fehlte und andererseits die Anwender von Werkzeugmaschinen auf die Amortisation der nach dem Weltkrieg eingekauften neuen Maschinen warteten. Einen besonderen Einfluß staatlicher Unterstützung auf den Innovationsprozeß kann besonders in dieser Phase nicht festgestellt werden. "Die Entwicklung der numerischen Steuerungstechnologie resultierte aus einer innovativen Kombination verschiedener, zum damaligen Zeitpunkt teilweise neuer und voneinander unabhängiger Technologien. Demzufolge waren die Entwicklungsteams durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit einer Vielzahl von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern aus unterschiedlichen Technikbereichen gekennzeichnet."¹⁰² Informationsnetzwerke waren hier, ähnlich wie bei den Beispielen von Franke, wichtig, wobei Schröder die soziale Konstellation neben dem Fachwissen herausstreicht. Darüber hinaus war ein "ganz wesentlicher Faktor für die schnelle Entwicklung und Einführung die frühzeitige Schaffung von Anwendungsbezügen [...]"¹⁰³

Die Arbeit Schröders wirft die Frage auf, ob ein zentrales Problem des deutschen Innovationssystems nicht geradezu in dem Drang nach der Institutionalisierung von Forschungsprozessen liegt. Die fehlende Nutzungsperspektive kommt noch hinzu.¹⁰⁴ Beide Arbeiten betonen aber die Bedeutung von Netzwerken.

5.3 Recherchen

Die obigen Beispiele haben gezeigt, daß neue methodische Ansätze (Clusteranalyse) und komparative Herangehensweisen (Ländervergleich) auch im vielbearbeiteten Bereich Maschinenbau fruchtbare Ergebnisse erbringen. Im Folgenden werden nun die eigenen Rechercheergebnisse dargestellt. Für den Bereich Maschinenbau gibt es, wie für viele andere Sektoren auch, eine vielfältige Menge dispersen statistischen Materials. Dieses findet sich, neben spezifischen

¹⁰² ders., S. 191.

¹⁰³ ders., S. 195.

¹⁰⁴ Dies illustrieren Zitate aus einer Denkschrift der DFG von 1956, in der sich auch ein Aufsatz zum Thema "elektronische Rechenmaschinen" findet: "Die Frage, welche volkswirtschaftliche Bedeutung das Gebiet der elektronischen Rechenmaschinen besitzt, läßt sich konkret nur schwer beantworten. ... Es muß [...] auf indirekte wirtschaftliche Auswirkungen dieses Gebietes von großer Bedeutung hingewiesen werden. Die elektronischen Rechenmaschinen tragen zu der Förderung der Forschung und der technischen Entwicklung bei ..." Küpfmüller (1956), S. 111. Entsprechend hebt der Autor das Nutzerprofil hervor: "Die Rechenmaschinen stellen ein neues Handwerkzeug dar, dessen Handhabung bei uns zunächst nur einem kleinen Kreis von Wissenschaftlern bekannt ist. Der volle Nutzen dieses neuen und außerordentlich wirksamen Hilfsmittels kann aber erst dann entstehen, wenn die Kenntnis seiner Verwendung dem großen Kreis aller in wissenschaftlichen Instituten, technischen Laboratorien und Betrieben tätigen Wissenschaftlern und Ingenieuren geläufig ist." ders., S. 116. Bezeichnenderweise rekurriert Küpfmüller auf die USA, erwähnt hier jedoch weder Unternehmen noch Anwendungsbereiche.

Datensammlungen, zu einem guten Teil in Festschriften¹⁰⁵, ferner in Arbeiten¹⁰⁶, die den Maschinenbau als exemplarischen Sektor für besondere Fragestellungen betrachten und natürlich in spezifischen Arbeiten zu einzelnen Bereichen des Maschinenbaus.¹⁰⁷

5.3.1 *Forschung in Unternehmen - das Firmenarchiv der KHD AG*

Da sich in der gängigen Literatur nur wenige Indikatoren auf Makroniveau finden, wurde die Herangehensweise über archivalische Quellen gewählt. Exemplarisch wurde die Klöckner-Humboldt-Deutz AG bzw. ihre Vorgänger, die Gasmotorenwerke Deutz, die Maschinenanstalt Humboldt und die Klöckner Werke in Köln herangezogen. Die Wahl dieses Unternehmens hat den Vorteil, daß seine Geschichte gut dokumentiert ist und sich umfangreiche Bestände im Rheinisch-Westfälischen Wirtschaftsarchiv befinden. Folgende Fragen sollten geklärt werden:

- Wurden Angaben zu Forschung & Entwicklung bzw. Konstruktion und den entsprechenden Aufwendungen für diese gemacht?
- Wurde der Output dieser Tätigkeiten dokumentiert (v.a. in Form von Patenten)?
- Welche weiteren Indikatoren finden sich im Archiv?

Die Wurzeln des 1996 reorganisierten und in Deutz AG umbenannten Unternehmenskonglomerats reichen bis in die 60er Jahre des 19. Jahrhunderts zurück. Es bestand durch den früh gewählten Status der Aktiengesellschaft Rechenschaftspflicht gegenüber den Anteilseignern, was zu einer guten Dokumentation der geschäftlichen Aktivitäten führte. Durch die frühzeitige Auslagerung der Archive Ende der 1930er Jahre ist ein vollständiger Bestand vorhanden, der nicht durch die Bombardierungen der Stadt im II. Weltkrieg betroffen war.

An dieser Stelle sollen kurz einige Bemerkungen zur Unternehmensgeschichte gemacht werden, um den Ausbau der Produktpalette und damit die eventuell unternommenen Entwicklungsanstrengungen darzustellen. Grundlage von KHD war die 1872 aus der N. A. Otto und Cie. hervorgegangene Gasmotorenfabrik Deutz AG unter der Direktion von Eugen und Gustav Langen sowie Nikolaus August Otto. Ein bedeutender Einschnitt in die Firmengeschichte war die Wahl Peter Klöckners in den Aufsichtsrat des Unternehmens. Dieser erhöhte nämlich sukzessive seinen Aktienanteil bis auf 30% (1922) und sorgte dafür,

¹⁰⁵ Einen Überblick bietet Corsten (1937), der für den Berichtszeitraum 1837-1937 fast 4000 dieser Publikationen verzeichnet. Zum Quellenwert vgl. kritisch Pierenkemper (2000), S. 30-32.

¹⁰⁶ Z.B. Lindenlaub (1985).

¹⁰⁷ Hier natürlich Schröter/Becker (1962) und Barth (1973), die vielfältige aber fragmentierte Übersichten v.a. von Unternehmensdaten bieten. Ferner z.B. Haas (1997).

daß Deutz 1924 zunächst eine Interessengemeinschaft mit der Maschinenbauanstalt Humboldt einging und 1930 mit dieser zur Humboldt-Deutzmotoren AG fusionierte. In diese Fusion wurde auch die Motorenfabrik Oberursel AG mit einbezogen, sodaß der Schwerpunkt Motorenbau noch weiter ausgebaut wurde. Der Übernahme der Lastwagenfabrik C.D. Magirus in Ulm 1936 folgte zwei Jahre später ein Organvertrag mit der Klöcknerwerke AG. Damit war die Grundlage für die Klöckner-Humboldt-Deutz AG geschaffen.¹⁰⁸ 1964 beging die Gesellschaft offiziell ihr einhundertjähriges Jubiläum, bei dem der Direktor des Physikalischen Institutes der Universität Marburg Professor Wilhelm Walcher über Forschung in der Bundesrepublik sprach. Wahrscheinlich gab er die Ansicht vieler Wissenschaftler der damaligen Zeit wieder, wenn er bemerkte: "Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte hat uns gelehrt, daß eine moderne Industrienation zutiefst in der Forschung, im ganzen Spektrum von den Grundlagen bis zur Großforschung, verwurzelt ist, als dem Lebensquell, der ihr Wachstum und ihr Gedeihen erst möglich macht."¹⁰⁹

Neben der Bedeutung für den Motorenbau läßt sich anhand der KHD auch die Bedeutung regionaler Zusammenhänge für die wirtschaftliche Entwicklung und damit für das Innovationsgeschehen aufzeigen. Es blieb nicht bei der Gründung der einzelnen Unternehmen, sondern Unternehmer aus Köln und Umgebung wurden aktiv, um z.B. entsprechende Interessenvertretungen zu schaffen. So gründeten sie etwa im Jahre 1861 als eine der ersten lokalen Organisationen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) den Kölner Bezirksverein. Der Gründungsvorsitzende war Dr. Hermann Grüneberg, der Inhaber der Chemischen Fabrik Kalk (damals bei Köln), die hauptsächlich künstliche Düngemittel herstellte. Sehr früh sind auch Eugen Langen und Nikolaus August Otto Mitglieder geworden, denn bereits 1873 wird Langen als Vertreter aus Köln Vorsitzender des VDI-Gesamtverbandes. Dieser gehörte zusammen mit Grüneberg auch dem Vorstand des Deutschen Patentschutzvereins an, der sich für ein Patentgesetz einsetzte und damit 1877 Erfolg hatte.¹¹⁰ Wie wichtig schon früh die Bildung für die Industrie war, illustriert der sich zeitlich parallel zum obigen Geschehen über mehrere Jahre hinziehende Streit der beiden Metropolen Aachen und Köln um die Einrichtung einer Polytechnischen Schule in der preußischen Rheinprovinz. Dieser wurde 1863 bekanntlich zugunsten Aachens entschieden, was 1865 zur Grundsteinlegung der 1870 eingeweihten "Königlich Rheinisch-Westphälischen Polytechnischen Schule", der späteren RWTH führte.¹¹¹ Ab den 1880er Jahren setzte sich der Kölner Bezirksverein gegenüber der Stadt für die Einrichtung einer "Fachschule für den Maschinenbau" ein und konnte sich durchsetzen. Bereits nach wenigen Jahren, zum Wintersemester 1890/91, wurden die ersten Schüler in die Vorklasse und die untere

¹⁰⁸ Vgl. zur Unternehmensgeschichte Goldbeck (1964).

¹⁰⁹ Walcher (1964), S. 38.

¹¹⁰ Zu den Anfängen des Kölner Bezirksvereins vgl. 50 Jahre (1911), S. 5-17.

¹¹¹ Vgl. Düwell (1970).

Fachklasse der neuen Technischen Fachschule unterrichtet. Die Schule wurde 1901 in eine Maschinenbauschule und eine Höhere Maschinenbauschule ausdifferenziert, die zusammen die Vereinigten Maschinenbauschulen bildeten. Diese wurden 1938 verstaatlicht und in eine Ingenieursschule überführt, welche mit einigen Zwischenstufen nach dem II. Weltkrieg die Grundlage für die 1971 eingerichtete Fachhochschule in Köln-Deutz bildete.¹¹²

5.3.2 Quellen

Die wichtigste Quelle sind die Geschäftsberichte der Gasmotorenfabrik Deutz, der Maschinenbauanstalt Humboldt und der fusionierten KHD. In diesen Berichten sind jedoch nur wenig Angaben zu Forschung und Konstruktion in den Unternehmen enthalten. Zu F&E-Ausgaben und entsprechendem technischem Personal finden sich keine dezidierten Angaben. Allerdings werden sporadisch Versuchshallen und Abschreibungen für Modelle von Maschinen in den Bilanzen aufgeführt. Der Outputindikator Patente läßt sich anhand der Geschäftsunterlagen sehr gut nachvollziehen. Zu mehreren Gelegenheiten wird in den Unterlagen auf dieses Thema eingegangen. Die Patente wurden ferner mit ihren vom Patentamt vergebenen Nummern verzeichnet, so daß deren Inhalte überprüft werden können. Die Abbildung 31 zeigt die Anzahl der erteilten Patente der Humboldt-Deutzmotoren bzw. der Klöckner-Humboldt-Deutz AG. Es wird deutlich, daß das Unternehmen trotz seiner Größe keine besonders forschungsintensive Produktionspolitik betrieben hat. Die wichtigsten Angaben in den Geschäftsberichten, die sich weiterverwerten lassen, sind natürlich solche zur Produktion. Ein interessantes Detail findet sich dabei in den Geschäftsberichten der Maschinenbau-Anstalt Humboldt für die Zeit vor dem I. Weltkrieg. Es wurden die "Reingewinne" und die bezahlten, nicht näher differenzierten "Steuern" verzeichnet. Bei der Gegenüberstellung der beiden Variablen für den Geschäftszeitraum 1902/03 bis 1915/16 fällt auf, daß die Gewinne sich innerhalb eines Jahrzehnts mehr als verfünffachten, während die Abgaben an den Staat auf einem relativ niedrigen Niveau verharrten (vgl. Abbildung 32). Hier stellt sich die Frage nach dem dem Industrieunternehmen zur Verfügung stehenden Kapital für innovationsrelevante Investitionen. Interessant wäre auch zu untersuchen, wie sich das Verhältnis dieser beiden Größen bei anderen Unternehmen gestaltet. In Bezug auf die Industrieforschung stellt sich die Frage, wie sich das für die Forschung relevante Kapital veränderte und, ob dieser Aspekt bei der Steuergesetzgebung eine Rolle spielte.

¹¹²

Vgl. zur Entwicklung der Schule Schilling (1986), S. 51-53.

5.3.3 Fachverbände

Neben der unternehmenshistorischen Recherche wurden auch zwei der wichtigsten Fachorganisationen des Maschinenbaus angegangen. Die wichtigste Quelle für Daten über die Produktivität im Maschinenbau sind die statistischen Erhebungen des *Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer*.¹¹³ Der 1892 gegründete Verband begann in den 1920er Jahren damit, erste kleine Zusammenstellungen von Mitglieder- und öffentlich zugänglichen Zahlen zu publizieren. Mit diesen "Statistischen Handbüchern", die "aus den Bedürfnissen der Praxis" heraus entstanden sind, wurde dem interessierten Publikum eine kurze Übersicht über Indikatoren wie Produktion, Import, Export u.a.m. geboten. Leider liegen für die Zwischenkriegszeit lediglich vier Bände vor (1927-1930) und der VDMA begann erst 1952 wieder mit der Publikation. Allerdings können für die Zwischenzeit anderen Quellen Angaben entnommen werden, die man für eine Gesamtschau heranziehen kann. Wichtige Quellen sind u.a. die United States Strategic Bombing Surveys (USSBS) über die Zerstörungen in der deutschen Industrie durch alliierte Bombardements¹¹⁴, oder die sehr desaströsen Berichte während des II. Weltkrieges (z.B. durch die Reichsstelle für Maschinenbau, das Reichswirtschaftsministerium, oder die Wirtschaftsgruppe Maschinenbau).¹¹⁵ Die Abbildung 33 zeigt das aus verschiedenen Quellen rekonstruierte Produktionsvolumen des deutschen Maschinenbaus von 1928 bis 1949.

Herbert Kriegbaum geht in einem Aufsatz in der Festschrift zum 100jährigen Jubiläum des VDMA auf die Problematik der Statistik für den Maschinenbau ein.¹¹⁶ Er weist auf die lückenhafte Erfassung für weiter zurückliegende Jahre hin und stellt als ergiebigste Quelle die Außenhandelsstatistik heraus, da diese von den Zollbehörden geführt worden sei. Für die vorliegenden Zahlen muß natürlich auf die bekannten Probleme des Gebietsstandes, der Währung und der Wechselkurse geachtet werden. Die Produktion im Maschinenbau mit Hilfe des Gewichtes der Maschinen zu messen, hält Kriegbaum für unzureichend, da dieses Maß z.B. den Einsatz gewichtssparender Bauweisen nicht berücksichtigt: "Auch die 'Tonne Maschine' ist also nicht mehr das, was sie einmal war [...]"¹¹⁷

¹¹³ VDMA (1927)ff. Zur Verbandsgeschichte siehe VDMA (1992).

¹¹⁴ Vgl. z.B. Daniels (1981).

¹¹⁵ Dr. René Haak teilte auf schriftliche Anfrage mit, daß es in den Nachlässen namhafter Professoren aus dem Bereich Maschinenbau / Betriebswirtschaft, z.B. Georg Schlesinger, private Aufzeichnungen über Produktion u.ä. gäbe.

¹¹⁶ Vgl. Kriegbaum (1992). Für die Produktion vor dem I. Weltkrieg schreibt Feldenkirchen (1982), daß es lediglich 1897 eine amtliche Erhebung gegeben habe, ansonsten nur die VDMA-Befragungsergebnisse vorlägen, "die jedoch nur annäherungsweise die Produktion der gesamten deutschen Maschinenbauindustrie wiedergeben." (S. 41).

¹¹⁷ Kriegbaum (1992), S. 17.

In den Publikationen des VDMA finden sich darüber hinaus keine der von uns gesuchten Innovationsindikatoren. Subsumiert man unter dem Forschungspersonal das sog. "Technische Personal" bzw. die Ingenieure, so finden sich vor dem II. Weltkrieg lediglich die Zahlen der amtlichen Berufszählung von 1925. Nach dieser befanden sich unter 162.468 Angestellten 44.584 Techniker, von denen rund 56% (24.950) Ingenieure waren. Nach 1949 führt der VDMA dann bis zur Wiedervereinigung vier sog. Ingenieurserhebungen unter seinen Mitgliedern durch:

- 1961 werden dabei 43.600 Ingenieure gezählt, von denen 43,2% allein in der Konstruktion tätig sind. Weitere 5,7% fallen in die Kategorie Versuchs- und Prüffeld. Der größte Teil der erfaßten Personen, nämlich 66,3%, sind Absolventen einer Ingenieursschule, während die Hochschulingenieure nur 17% des Technischen Personals ausmachen.
- Sieben Jahre später hat sich die Zahl der Ingenieure auf 54.550 erhöht. Nun sind in den Bereichen Entwicklung, Projektierung, Konstruktion, Versuchs- und Prüffeld 33.330 Personen (etwa 61%) beschäftigt. Immer noch stellen die Ingenieursschulabsolventen mit 69,4% den größten Teil der Gezählten.
- 1982 werden bei einer weiteren Erhebung 74.300 Personen erfaßt. Erstmals wird jetzt die Zahl der in Forschung und Entwicklung tätigen explizit genannt und der VDMA gibt an, daß insgesamt 41.800 Ingenieure im weitesten Sinne konstruktiv tätig seien, davon 25% direkt im Bereich F&E und 52% im Bereich Konstruktion. Interessant sind hier noch die Angaben über die in der Verfahrenstechnik Beschäftigten. Der VDMA gibt an, daß 1968 2,5% und 1982 4,5% der erfaßten Ingenieure in diese Kategorie fallen.
- In der letzten Erhebung vor der Wiedervereinigung wurden 87.700 Personen in die Statistik aufgenommen, von denen 44.380 mit Forschungsaufgaben im weitesten Sinne betraut waren. Hierunter fielen 10.000 Personen aus dem Bereich F&E sowie 21.930 aus der "Konstruktion".

Zu F&E-Aufwendungen und Patenten finden sich in den VDMA-Statistiken keine Angaben. Allerdings schätzt der VDMA die Anlageinvestitionen der deutschen Maschinenbauunternehmen, was immerhin als Indikator für die Investitionsintensität herangezogen werden kann.

Als weitere Quelle wurden die statistischen Daten des *Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabrikanten* (VDW) herangezogen. Der 1891 ins Leben gerufene Verein ist, wie der VDMA, eine der zahlreichen industriellen Interessenvertretungen, die sich nach der Reichsgründung organisierten. Die von ihm gesammelten Daten gehen allerdings nicht über Produktionswerte sowie Im-

port- und Exportvolumina hinaus.¹¹⁸ Auch hier besteht für die Zahlen der Vorkriegszeit das Problem, daß sich diese, wie beim VDMA, nur auf die Mitgliedsfirmen beziehen. In der Abbildung 34 wurden daher VDW-Daten und erhobene sowie geschätzte Daten der Gesamtbranche aus der Vorkriegszeit kombiniert.¹¹⁹

5.4 Outputindikator Patente

Abschließend soll nochmals kurz auf die Patentstatistik im Hinblick auf den Maschinenbau eingegangen werden. Wie bereits erwähnt, bedarf es eines größeren Aufwandes, um entsprechende Daten aus den veröffentlichten Statistiken zu erheben.¹²⁰ Die detaillierten Publikationen des Kaiserlichen bzw. Reichspatentamtes weisen jedoch ebenso wie die summarischen Zusammenstellungen Lücken auf, und zwar für die Zeiten 1914-1918 sowie 1939-1948. Zur Illustration wurde als Beispiel die Patentklasse 47 "Maschinenelemente" ausgewählt. Die entsprechenden Zahlen sind in Abbildung 35 dargestellt. Diese Patentklasse hat den Vorteil, daß sie sich inhaltlich mit der Gruppe der internationalen Patentklassen deckt. Damit ist ein Vergleich retrospektiv und kontemporär klassifizierter Patentdaten möglich. Wie der Vergleich der Zeitreihen in Abbildung 36 zeigt, folgen beide Reihen zwar dem gleichen Trend, weichen aber zunehmend voneinander ab.¹²¹ Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß die in der ECLA-Datenbank erfaßten Patente wahrscheinlich diejenigen sind, die den allerersten Klassifikationsvermerk des Patentamtes tragen. Wie bereits erwähnt, wurden jedoch des öfteren Patente in den Jahren nach der Erteilung umgruppiert, was über die Zeit zu einer Verringerung der absoluten Summe zurückliegender Jahre führt.

6. Ausblick und Weiterführung

Ziel des Projektes war die Aufbereitung und quellenkritische Edition sowohl von Indikatoren zur ökonomischen Entwicklung als auch von solchen des Innovationsprozesses in Deutschland von der Reichsgründung bis heute. Anhand der Indikatoren soll es möglich sein, der Frage nach dem Zusammenhang von Innovation und wirtschaftlicher Entwicklung theoriegestützt, auf der Basis langer Zeitreihen, empirisch statistisch nachzugehen, wobei der zeitlichen Dynamik der involvierten Prozesse besondere Beachtung geschenkt wurde.

¹¹⁸ Die Daten für die Nachkriegszeit wurden uns von der Statistischen Abteilung des VDW zur Verfügung gestellt. Zur Geschichte des Vereins siehe Glunk (1991).

¹¹⁹ Daten aus USSBS, abgedruckt in Haas (1997), S. 340.

¹²⁰ Vgl. unsere Ausführungen zu den Patenten, oben.

¹²¹ Das arithmetische Mittel der Differenz beträgt 121.

Trotz eines umfangreichen Bestandes an bearbeiteten Indikatoren konnten zahlreiche Bereiche überhaupt nicht oder nicht in der erforderlichen Tiefe bearbeitet werden. Ein Mangel ist besonders an sektoral bzw. branchenspezifisch aussagekräftigen Indikatoren zu beklagen. Für weitere Arbeiten empfiehlt es sich, neben dem industriellen besonders dem tertiären Sektor verstärkte Aufmerksamkeit zu schenken. Auch der Arbeitsmarkt ist ein wichtiges, bisher nicht bearbeitetes Gebiet. Ein wichtiger Indikator ist hier die Berufsdifferenzierung. Ebenfalls sind die Außenhandelsstatistik sowie der Geld- und Finanzmarkt Desiderate. Für monetäre Indikatoren ist zu prüfen, inwieweit sie in die Innovationsforschung einbezogen werden sollten, rekurrieren doch wichtige theoretische Ansätze bei der Erklärung der Innovationsdynamik auf sie.¹²² Sinnvoll erscheint auch, aufbauend auf den von Pfetsch zusammengestellten Forschungsausgaben, eine Übersicht über die Finanzstruktur auf nationaler und ggf. auf Länderebene zu schaffen, die darstellt, welche Ressourcen "dem Staat" für die Förderung von Wissenschaft, Bildung und Forschung überhaupt zur Verfügung standen. Zwar wurde erst 1925 mit einer umfassenden Finanzstatistik begonnen, jedoch müßte man staatliche Einnahmen und Ausgaben auch für die Zeit davor bzw. für die Zeit von 1933-1948 rekonstruieren können. Zu erwähnen ist auch, daß gegenwärtig für die Nachkriegszeit keine durchgängigen Studierendenstatistiken existieren, die nach Hochschulen und Fachbereichen gegliedert sind und die eine Verlängerung der von uns aufbereiteten Daten in die Gegenwart erlauben. Die Behebung dieses Mangels, der seine Ursache vor allem in der enormen Zunahme der Studierendenzahlen ("Bildungsexplosion") und der Inhomogenität der angebotenen Fächer über die Zeit hat, wäre ebenfalls ein wichtiges zukünftiges Arbeitsgebiet.

Nun ist die Bearbeitung all dieser Bereiche ein Unterfangen, das weit mehr Ressourcen erfordert als normalerweise zur Verfügung stehen. Für weitere Arbeiten empfiehlt sich daher, nur für ausgewählte Sektoren bzw. technologische Schlüsselbereiche eine vertiefende Analyse durchzuführen, wobei sich im Laufe des Projektes gezeigt hat, daß die Chemie und die Elektrotechnik in dieser Hinsicht einigen Erfolg versprechen. In einem ersten Schritt sollten daher für diese beiden Sektoren die jeweils verfügbaren ökonomischen Indikatoren möglichst umfassend aufgearbeitet werden. Zu denken ist hier, neben den bereits angesprochenen Indikatoren vor allem an Statistiken zur Produktion und Investition, zu Umsatz, Firmengründungen, Insolvenzen, Beschäftigung sowie an Zahlen zu Produktivität und Rentabilität.¹²³

¹²² So spielt z.B. in dem Modell von Neumann (1990) der Zinssatz eine zentrale Rolle.

¹²³ Auf ein weiteres wichtiges Thema kann hier lediglich hingewiesen werden: Die bisherige Arbeit hat gezeigt, daß im nationalen Innovationssystem nicht nur Normen und Institutionen von Bedeutung sind, sondern auch individuelle Akteure (Professoren, Unternehmer, Ingenieure). Die Bedeutung des in verschiedene organisatorische Rahmenbedingungen eingebundenen Individuums ist ein wesentlicher Topos des methodischen Bereichs

Ein wichtiges Desiderat für den Bereich der Erfindungstätigkeit ist die Analyse von Patentschriften sowie der Patentstatistik. Dazu sind im vorstehenden Bericht bereits einige weiterführende Probleme angesprochen worden. Besonders wichtig wäre die Untersuchung der Frage, inwieweit die gegenwärtig verfügbaren langen Reihen zur Patentstatistik ein repräsentatives, historisch konsistentes Abbild der Erfindungstätigkeit bieten bzw. die Analyse desselben erlauben. Dabei ist auch der Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Aufkommen der Patentanmeldungen und der Patenterteilungen von Interesse. Besondere Beachtung verdient hier die Frage, inwieweit die Zeitreihen der Patentanmeldungen einen aussagekräftigeren Indikator für die Erfindungstätigkeit darstellen als die Reihen der Patenterteilungen. Auch die Analyse der Bedingungen und Auswirkungen der statistischen Aggregation zu Patentklassen wäre eine wichtige Aufgabe zukünftiger Forschung. Von Interesse ist darüber hinaus auch das Patentierungsverhalten großer deutscher Unternehmen im Ausland. Das Thema deutscher Auslandspatente könnte mit Hilfe der von John Cantwell erstellten Datenbank und dem US Patent and Trademark Office angegangen werden. Die Cantwellsche Datenbank umfaßt eine große Zahl von Patenten US-amerikanischer und europäischer Firmen für den Zeitraum von 1890-1968.¹²⁴ Nimmt man die Entwicklung nach dem II. Weltkrieg als hypothetische Basis, dann kann man davon ausgehen, daß deutsche Patente auch vor 1933 bereits einen großen Anteil der Bemühungen um Entwicklungsschutz im Ausland ausmachten. Denn die Statistik des Amerikanischen Patentamtes verzeichnet von den 2.770.438 Patenten, die zwischen 1963 und 1998 erteilt wurden, über 1 Million ausländischer Patente, von denen rund ein Fünftel deutschen Unternehmen zuzuordnen ist.¹²⁵

Vertiefende Einsichten in die Erfindungstätigkeit verspricht auch die Fortführung der Arbeiten an den IAB-Innovationsdaten. Zunächst gilt es, die Einträge der Datenbank bezüglich vorhandener Doubletten und unterschiedlicher Schreibvarianten zu korrigieren bzw. zu vereinheitlichen. Nur wenn Gleiches

der Biographieforschung. Im Zusammenhang von Themen wie Technikgenese, Know-how-Transfer, strategischen Unternehmensentscheidungen etc. hat sich dieser Ansatz als überaus fruchtbar erwiesen. Aus diesem Grund wäre die Erarbeitung eines kollektivbiographischen Rahmens, der die Verflechtung von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zeigt von besonderem Interesse. Interessant wären hier Fragestellungen zu Instituts- und Lehrstuhlnachfolgen, zur personellen Verflechtung von Forschung und Entscheidungsgremien zur Verteilung von Forschungsressourcen sowie einer genaueren Untersuchung von Transferprozessen von Wissensträgern zwischen Hochschulen und Wirtschaft. Die Forschung zur Biographie bietet hier verschiedene methodische Ansätze (gerade im Bereich der Hochschulforschung). Auch hier müßte sich die konkrete Arbeit zunächst an ausgewählten Schlüsselbereichen orientieren.

¹²⁴ Vgl. z.B. Cantwell (2000). Cantwell listet 49 Unternehmen auf, die er für die Analyse herangezogen hat. Vgl. auch Cantwell (1995), S. 315f.

¹²⁵ Vgl. die detaillierten Aufstellungen des amerikanischen Patentamtes mit den 500 größten Patentnehmern in Historic Data (1998), abrufbar unter:
<http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports.htm#I_Yr_Pn>

auch identisch erfaßt ist, läßt sich der Informationsbestand vollständig und korrekt auswerten. Bei der Systematisierung sind zwar seitens des IAB bereits Vorarbeiten geleistet worden, aber nur der kleinere Teil der Einträge ist in dieser Weise mit systematischen Codes versehen. Darüber hinaus wäre zu prüfen, inwieweit sich andere Innovationsdatenbanken sinnvoll mit den IAB-Daten kombinieren lassen. Da das zeitliche Schwergewicht der IAB-Daten in der Zeit bis 1960 liegt, sind hier besonders jene Datenbestände von Interesse, die sich mit der Zeit nach 1960 befassen. Inwieweit sich z.B. die „SPRU Innovation Database“ der Universität Sussex integrieren läßt, wäre zu prüfen. Was die Auswertung der IAB-Daten angeht, so müßte die Analyse des Innovationsaufkommens in technologischen Schlüsselbereichen weitergeführt und vertieft werden.

Von besonderem Interesse ist die damit verbundene Frage, in welcher Form und in welchem Ausmaß die Dynamik wirtschaftlicher Entwicklung durch die Dynamik des Innovationsprozesses bedingt ist, bzw. welche Interdependenzen zwischen den beiden Bereichen, besonders auch langfristig, bestehen. Entsprechende Untersuchungen für die deutsche Wirtschaft liegen bislang nicht vor. Es ist zwar allgemein bekannt, daß sich weder der Wachstumsprozeß noch der Innovationsprozeß gleichmäßig linear, sondern unter mehr oder weniger ausgeprägten Schwankungen vollzieht, es besteht aber weder über die Charakterisierung dieser Dynamik, noch über deren Ursachen Einigkeit. Als besonders nachteilig kommt hinzu, daß sich gerade die deutsche Wirtschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts in hohem Maße durch Irregularitäten auszeichnet, wodurch eine systematische Erklärung der zugrundeliegenden Dynamik zusätzlich erschwert wird. Jede empirische Langfristanalyse wird daher, sofern sie sich durchgängig langer Zeitreihen bedient, in besonderem Maße den Einfluß der Kriegs- und Zwischenkriegszeit, der Weltwirtschaftskrise und der Hyperinflation zu berücksichtigen haben. Eine Untersuchung dieser Thematik müßte in mehreren Arbeitsschritten erfolgen: In einem ersten Schritt wären ausgewählte Theorien zur ökonomischen Dynamik und zur Innovationsdynamik bezüglich den Möglichkeiten ihrer Operationalisierung zu evaluieren. In einem zweiten Schritt müßten für ausgewählte Langfristindikatoren unter Berücksichtigung möglicher exogener Einflüsse (z.B. Weltkriege) entsprechende Modelle geschätzt werden. In einem letzten Schritt wären die Beziehungen zwischen den verschiedenen Prozessen zu untersuchen. Diese Schritte sollen im Folgenden etwas ausführlicher erläutert werden.

Bezüglich der empirischen Operationalisierung der verschiedenen Theorien zur langfristigen Wirtschaftsdynamik ("Catching up" und Konvergenz, Strukturbruch, Reale Konjunkturzyklen, Lange Wellen) hat die bisherige Forschung zahlreiche Untersuchungen vorgelegt, die teilweise auch die Zeit vor 1950 berücksichtigen. Dagegen fällt die empirische Operationalisierung neuerer Innovationstheorien schwerer. Mit ein Grund dafür ist sicherlich das bereits erwähnte Konzept der Pfadabhängigkeit, das in diesem Zusammenhang eine

zentrale Rolle spielt. Pfadabhängigkeit bedeutet, daß sich ökonomische Entwicklungen nicht alleine als Gleichgewichtsprozesse begreifen lassen, sondern durch zahlreiche Irreversibilitäten gekennzeichnet sind, so daß man es ständig mit einer Vielzahl lokaler Gleichgewichtszustände zu tun hat.

Unabhängig von den Ergebnissen dieser Theorieevaluation kann aber jetzt schon gesagt werden, daß bezüglich der Innovationsdynamik die bislang für die deutsche Wirtschaft aufbereiteten Langfristindikatoren, zusammen mit neuen ökonometrischen Verfahren der Zeitreihenanalyse, einen wesentlichen Erkenntnisfortschritt versprechen. Bei den Innovationsindikatoren ist besonders an die Reihen zur Erfindungstätigkeit (Patente, Daten der IAB-Datenbank), zur Humankapitalbildung (Studierendenstatistiken) und zu öffentlichen Ausgaben (z.B. Wissenschaftsausgaben) zu denken.

Um die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Innovations- und Wachstumsdynamik empirisch untersuchen zu können, ist es in einem weiteren Schritt erforderlich, für ausgewählte Indikatoren ein adäquates dynamisches Modell statistisch-ökonometrisch zu schätzen. Die klassische ökonometrische Vorgehensweise besteht darin, ein theoretisches Modell zu spezifizieren, um dann dessen Eigenschaften und funktionale Abhängigkeiten an ausgewählten Daten statistisch zu testen. Für die weitere Arbeit empfiehlt es sich aber, einen anderen Weg einzuschlagen. Es sollten zunächst ausgewählte Reihen im Hinblick auf ihre Prozeßstruktur analysiert werden, um dann die bestehenden Theorien mit diesen Ergebnissen zu konfrontieren. Ein solches empirisch-exploratives Vorgehen bedeutet nicht, daß dabei theoretische Überlegungen überhaupt keine Rolle spielen. Bereits bei der Auswahl der Daten sind solche involviert. Ein derartiges Vorgehen bedeutet vielmehr, daß die empirischen Ergebnisse *zunächst* ohne bezug auf ein bestimmtes theoretisches Modell ermittelt werden.

Dieses Vorgehen gründet in der Überzeugung, daß sich aus der Struktur der Daten nicht nur die zugrunde liegende Prozeßstruktur, sondern auch bestehende Abhängigkeiten zwischen den Prozessen identifizieren lassen. Damit steht zunächst nicht eine bestimmte Theorie im Vordergrund der Analyse, sondern die Suche nach formalen Modellen, die der Struktur der Daten in optimaler Weise entsprechen. Grundlage eines solchen Vorgehens, das dem "klassischen" Ökonometriker als Häresie erscheinen mag, sind die in den letzten Jahren entwickelten Verfahren der ökonometrischen Zeitreihenanalyse, die auf der Theorie der stochastischen Prozesse beruhen und die sich inzwischen zum Standard in Ökonometrie und empirischer Wirtschaftsforschung entwickelt haben. Grundlegend für diese stochastischen Modelle ist die Vorstellung, daß es sich bei der langfristigen Entwicklung um einen Prozeß handelt, bei dem Zufallseinflüsse in hohem Maße eine persistente Wirkung aufweisen und damit die Entwicklung nachhaltig bestimmen (Pfadabhängigkeit). Während der Zufall in den traditionellen Modellen als eine unsystematisierbare Komponente aus der Betrachtung ausgeschlossen wird, kommt ihm hier also eine zentrale Be-

deutung zu. Bei der Verwendung stochastischer Zeitreihenmodelle darf man aber nicht, wie dies lange Zeit geschah, allen Zufallseinflüssen dieselbe Wirkung beimessen. Die Zufallsschocks, die den Entwicklungspfad verändern, treten nur gelegentlich und in unregelmäßigen Abständen auf. Grundlegend für die statistische Analyse ist daher die Annahme, daß historische Zeitreihen einem stochastischen Prozeß folgen, der sowohl durch reguläre oder endogene als auch durch zufällig und selten auftretende irreguläre Zufallsschocks überlagert wird. Das Ziel der Analyse besteht also zunächst darin, diese irregulären Einflüsse zu identifizieren und ihre Auswirkungen zu bestimmen. Erst dann kann für den "bereinigten" Prozeß das entsprechende dynamische Modell bestimmt werden. Erst in einem weiteren Schritt können anhand der "bereinigten" Zeitreihen die zwischen den einzelnen Indikatoren bestehenden kurz- und langfristigen Abhängigkeiten mittels spezifischer Modelle (sog. Fehler-Korrektur-Modelle) geschätzt sowie die bestehenden "lead-lag"-Strukturen und Kausalitäten identifiziert werden.

Mit den vorstehenden Ausführungen sind Inhalte und Zielsetzungen eines Forschungsprogramms skizziert, bei dem es um die theoretisch reflektierte und empirisch gestützte Analyse des Zusammenhangs von ökonomischer Entwicklung und langfristiger Innovationsdynamik (unter Einschluß des Humankapitals) auf der Basis historischer Zeitreihen geht. Eine besondere Herausforderung besteht darüber hinaus in dem Versuch, die identifizierten Abhängigkeiten und lead-lag Strukturen auf der Basis des Entscheidungsverhaltens der Wirtschaftssubjekte, die in der historischen Zeit unter Ungewissheit subjektiv rationale Erwartungen bilden und pfadabhängig lernen, zu erklären.

7. Literatur

- Andersen, B. (1999): The Hunt for S-shaped Growth Paths in Technological Innovation: A Patent Study, in: *Journal of Evolutionary Economics* 9, S. 487-526.
- André, D. (1971): Indikatoren des technischen Fortschritts. Eine Analyse der Wirtschaftsentwicklung in Deutschland von 1850 bis 1913. (= *Weltwirtschaftliche Studien*. 16), Göttingen.
- Arundel, A.; Kabla, I (1998): What Percentage of Innovations are Patented? Empirical Estimates for European Firms, in: *Research Policy* 27, S. 127-141.
- Asimov, I. (1973): Biographische Enzyklopädie der Naturwissenschaften und der Technik, Freiburg im Breisgau.
- Baumgarten-Tramer, (1968): Chronologie der Entwicklung der Arbeitswissenschaft und der angewandten Psychologie, Teil 1: Arbeitswissenschaft in Arbeit und Leistung, Heft 7/8, S. 144-152.
- Baker, R. (1976): *New and Improved ... Inventors and Inventions that have changed the Modern World*, London: British Museums Publications.
- Barrera, P. (1994): The Evolution of Corporate Technological Capabilities: Du Pont and IG Farben in Comparative Perspective, in: *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte* 39, S. 31-45.
- Barro, R.; Sala-i-Martin, X. (1995): *Economic Growth*, New York.
- Barro, R. (1998): Notes on Growth Accounting, NBER Working Paper 6654, Cambridge.
- Barth, E. (1973): *Entwicklungslinien der deutschen Maschinenbauindustrie von 1870 bis 1914*, Berlin (O).
- Basberg, B. (1987): Patents and the Measurement of Technological Change: A Survey of the Literature, in: *Research Policy* 16, S. 131-141.
- Baumol, W.J.; Blackman, S.A.B.; Wolff, E.N. (1991): *Productivity and American Leadership*, Cambridge (Mass.).
- Beier, F.-K. (1984): Patentschutz als weltweite Grundlage technischen Fortschritts und industrieller Entwicklung, in: Oppenländer, K.H. (1984), S. 29-45.
- Beier, F.-K.; Kraft, A.; Schricker, G.; Wadle, E. (1991): *Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht in Deutschland. Festschrift zum hundertjährigen Bestehen der Deutschen Vereinigung für gewerblichen Rechtsschutz und Urheberrecht und ihrer Zeitschrift*, Bd. 1, Weinheim.
- Beier, F.-K.; Moufang, R. (1991): Vom deutschen zum europäischen Patentrecht – 100 Jahre Patentrechtsentwicklung im Spiegel der *Grünen Zeitschrift*, in: Beier et al. (1991), S. 241-321.
- Boch, R. (1999a): Patentschutz und Innovation in Geschichte und Gegenwart. (*Studien zur Technik-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte* 11), Frankfurt a.M. u.a.
- Boch, R. (1999b): Das Patentgesetz von 1877 – Entstehung und wirtschaftliche Bedeutung, in: ders.: (1999a), S. 71-84.

- Bombach, G. (1985): Post-War Economic Growth Revisited. (= Professor de Vries Lectures in Economics. 6), Amsterdam.
- Bombach, G. (1991): Konjunkturtheorie einst und heute. (= Konstanzer Universitätsreden. 181), Konstanz.
- Brentjes, B. (1978): Geschichte der Technik, Leipzig.
- Buchheim, C. (1994): Industrielle Revolution. Langfristige Wirtschaftsentwicklung in Großbritannien, Europa und in Übersee, München.
- Buedeler, W. (1982): Geschichte der Raumfahrt, 2. überarb. Auflage, Künzelsau.
- Burda, M.C.; Wyplosz, C. (1994): Makroökonomik. Eine europäische Perspektive, München.
- Büttner, T.; Stegarescu, D.; Behnisch, A. (2000): The Public Sector, Centralization and Technical Progress: An Economic View on German History, unveröffentl. Manuskript. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. Mannheim.
- Cantwell, J. (1995): The Evolution of European Industrial Technology in the Interwar Period, in: Caron, F.; Erker, P.; Fischer, W. (Hgg.) (1995): Innovations in the European Economy between the Wars, Berlin u.a., S. 277-319.
- Cantwell, J. (2000): Technological Lock-in of Large Firms since the Interwar Period, in: European Review of Economic History 4, S. 147-174.
- Corsten, H. (1937): Hundert Jahre deutscher Wirtschaft in Fest- und Denkschriften. Eine Bibliographie. (= Kölner Bibliographische Arbeiten 2), Köln.
- Crafts, N.F.R.; Leybourne, S.J.; Mills, T.C. (1991): Britain, in: Sylla, R.; Toniolo, G. (Hgg.): Patterns of European Industrialization. The Nineteenth Century, London, New York.
- Daniels, G. (Hrsg.) (1981): A Guide to the Reports of the United States Strategic Bombing Survey, London.
- Darmstaedter, L. (1908): Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Berlin.
- Das Große Duden-Lexikon (1967): Bd. 6, Mannheim.
- Das Moderne Lexikon (1971): Band 1-20, Gütersloh.
- Der Große Brockhaus (1952-1964): Bd. 1-14, Wiesbaden.
- Deutsches Patentamt (Hrsg.) (1977): Hundert Jahre Patentamt, München.
- Dosi, G.; Freeman, Ch.; Nelson, R.; Silverberg, G. (Hgg.) (1988): Technical Change and Economic Theory, London u.a.
- Dtv-Atlas zur Weltgeschichte (1964): Bd.1 u. Bd.2., München.
- Duijn, J.v. (1983): The Long Wave in Economic Life, London.
- Dumke, R.H. (1990): Reassessing the "Wirtschaftswunder": Reconstruction and Postwar Growth in an International Context, in: Oxford Bulletin of Economics and Statistics 52, S. 451-491.
- Dummer, G.w.A. (o.J.): Electronic Inventions 1745-1976, Frankfurt a. M.
- Düwell, K. (1970): Gründung und Entwicklung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bis zu ihrem Neuaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg, in: Klinkenberg, M. (Hrsg.): Rheinisch-Westfälisch Technische Hochschule Aachen 1870-1970, S. 19-111.

- Feldenkirchen, W. (1982): Zur Kapitalbeschaffung und Kapitalverwendung bei Aktiengesellschaften des deutschen Maschinenbaus im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 69, S. 38-74.
- Feldhaus, F.M. (1904): Lexikon der Erfindungen und Entdeckungen auf den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik, Heidelberg.
- Feldhaus, F.M. (1970): Die Technik, ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker, Sonderausgabe, Wiesbaden.
- Franke, E.S. (2000): Netzwerke, Innovationen und Wirtschaftssysteme. Eine Untersuchung am Beispiel des Druckmaschinenbaus im geteilten Deutschland (1945-1990). (= Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte 90), Stuttgart.
- Federico, P.J. (1964): Historical Patent Statistics 1791-1961, in: Journal of the Patent Office Society 46, S. 89-171.
- Freeman, Ch.; Clark, J.; Soete, L. (1982) Unemployment and Technical Innovation. A Study of Long Waves and Economic Development, London.
- Freyberg, T. v. (1989): Industrielle Rationalisierung in der Weimarer Republik. Untersucht an Beispielen aus dem Maschinenbau und der Elektroindustrie, Frankfurt a.M. u.a.
- Gerster, H.J. (1988): Lange Wellen wirtschaftlicher Entwicklung. Empirische Analyse langfristiger Zyklen für die USA, Großbritannien und weitere vierzehn Industrieländer von 1800 bis 1980, Frankfurt a.M. u.a.
- Glunk, F. (1991): Ein Jahrhundert VDW. Zeitgeschichte, Vereinsgeschichte, Werkzeugmaschinen-geschichte, München.
- Goldbeck, G. (1964): Kraft für die Welt. 1864-1964 Klöckner-Humboldt-Deutz AG, Düsseldorf, Wien.
- Griliches, Z. (1990): Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey, in: Journal of Economic Literature 28, S. 1661-1707.
- Gramm, W. (1991): Probleme des Patenterteilungsverfahrens, in: Beier et al. (1991), S. 459-501.
- Grofik, R.; Patzek, D. (1980): Verzeichnis der Patentliteratur (Stand: Januar 1979), München.
- Grüning, F.; Krenzel, R. (1955): Die Expansion der westdeutschen Industrie 1948 bis 1954, Berlin.
- Haas, M. (1997): Spanende Metallbearbeitung in Deutschland während der Zwischenkriegszeit (1918-1939), Hamburg.
- Hahn, F.H.; Matthews, R.C.O. (1965): The Theory of Economic Growth: A Survey, in: AEA-RES. Survey of Economic Theory. Vol. II.
- Hahn, F.; Gerstenberger, W.; Molle, W.; Meyer zu Schlochtern, F.J. (1995): Faktorproduktivität im internationalen Vergleich. Belgien, Deutschland, Niederlande, Österreich und Schweden, Wien.
- Harmssen, G.W. (1951): Am Abend der Demontage. Sechs Jahre Reparationspolitik, Bremen.
- Haustein, H.-D.; Neuwirth, E. (1982): Long Waves in World Industrial Production, Energy Consumption, Innovations, Inventions, and Patents and their

- Identification by Spectral Analysis, in: *Technological Forecasting and Social Change* 22, S. 53-89.
- Herrmann-Pillath, C.; Lehmann-Waffenschmidt, M. (Hrsg.) (im Erscheinen): *Handbuch zur evolutischen Ökonomik*, Bd. II: *Evolutorische Ökonomik in der Anwendung*, Berlin u.a.
- Hoffmann, W.G. (1965): *Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts*, Berlin/Heidelberg/New York.
- Hohls, R.; Kaelble, H. (Hgg.) (1989): *Die regionale Erwerbsstruktur im deutschen Reich und in der Bundesrepublik 1895-1970*. (= *Quellen und Forschungen zur historischen Statistik von Deutschland* 9), St. Katharinen.
- Kaelble, H.; Hohls, R. (1989): *Der Wandel der regionalen Disparitäten in der Erwerbsstruktur Deutschlands 1895-1970*, in: Bergmann, J. u.a. (Hgg.): *Historische Regionen im Vergleich*, Opladen.
- KHD (Hrsg.) (1964): *Klöckner-Humboldt-Deutz AG Köln. 1864-1964*, Köln.
- Kirchberg, P. (1999): *Die Patententwicklung in der Geschichte der Automobiltechnik 1877-1938*, in: Boch (1999a), S. 101-112.
- Kirchgässner, G. (1991): *Homo Economicus. Das ökonomische Modell individuellen Verhaltens und seine Anwendung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*. (= *Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften* 74), Tübingen.
- Kleber, W.; Willms-Herget, A. (1981): *Datenhandbuch „Historische Berufszählungen“*. VASMA-Projekt, Universität Mannheim.
- Kleber, W.; Ritter, H. (1982): *Datenhandbuch historische Arbeitsstättenzählungen*, Mannheim.
- Kleinknecht, A. (1990): *Are there Schumpeterian Waves of Innovations?* in: *Cambridge Journal of Economics* 14, S. 81-92.
- Kleinknecht, A. (1992): *Long Wave Research: New Results, New Departures*, in: Kleinknecht u.a. (Hgg.) (1992), S. 1-19.
- Kleinknecht, A.; Mandel E.; Wallerstein I. (Hgg.) (1992): *New Findings in Long Wave Research*, London.
- Klemm, F. (1968): *Erfindungen, Entdeckungen u.a. kulturelle Leistungen in Naturwissenschaft und Technik*, in: *Brockhaus-Enzyklopädie*, Bd. 5, S. 656-659.
- Knaurs *Geschichte der Technik* (1959): München u.a.
- Kriegbaum, H. (1992): *Hundert Jahre Maschinenbau im Spiegel der Statistik*, in: *VDMA* (Hrsg.) (1992), S. 13-31.
- Kuehne, A. (1929): *Zeittafel zur Geschichte der Berufserziehung in Deutschland*, in: *Handbuch über das Berufs- u. Fachschulwesen*, 2. Auflage, Leipzig.
- Küng, H. (1994): *Arbeit und Lebenssinn angesichts von Wertewandel und Orientierungskrise*, in: *Alfred-Herrhausen-Gesellschaft für Internationalen Dialog* (Hrsg.): *Arbeit der Zukunft, Zukunft der Arbeit*, Stuttgart, S. 7-36.
- Lederer, E. (1931): *Technischer Fortschritt und Arbeitslosigkeit. Eine Untersuchung der Hindernisse ökonomischen Wachstums*, Frankfurt a.M.
- Lindenlaub, D. (1985): *Maschinenbauunternehmen in der deutschen Inflation 1919-1923. Unternehmenshistorische Untersuchungen zu einigen Inflations-*

- theorien. (= Veröffentlichungen der Historischen Kommission zu Berlin 61), Berlin / New York.
- Lindlar, L. (1997): Das mißverstandene Wirtschaftswunder. Westdeutschland und die westeuropäische Nachkriegsprosperität. (= Schriften zur angewandten Wirtschaftsforschung 77), Tübingen.
- Löchel, H. (1995): Institutionen, Transaktionskosten und wirtschaftliche Entwicklung. Ein Beitrag zur Neuen Institutionenökonomik und zur Theorie von Douglas C. North. (= Volkswirtschaftliche Schriften 444), Berlin.
- Machlup, F. (1964): Patentwesen (I), in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Stuttgart/u.a., S. 231-240.
- Maddison, A. (1977): Phases of Capitalist Development, in: Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review, S. 103-137.
- Maddison, A. (1982): Phases of Capitalist Development, Oxford/New York.
- Maddison, A. (1987): Growth and Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assessment, in: Journal of Economic Literature 25, S. 649- 698.
- Maddison, A. (1989): The World Economy in the 20th Century. (= OECD, Development Center Studies), Paris.
- Maddison, A. (1991): Dynamic Forces in Capitalist Development: A Long-Run Comparative View, Oxford u.a.
- Maddison, A. (1995): The World Economy in the 20th Century, Paris.
- Meier, B. (1994): Kultur der Neugier. Forschung und Entwicklung in Deutschland im internationalen Vergleich, Köln.
- Mensch, G. (1975): Das technologische Patt. Innovationen überwinden die Depression, Frankfurt a.M.
- Metz, R. (1992): Re-Examination of Long Waves in Aggregate Production Series, in: Kleinknecht u.a. (Hgg.) (1992), S. 80-119.
- Metz, R. (1995): Stochastische Trends und langfristige Wachstumsschwankungen - Neue Forschungsansätze und ihre theoretische und empirische Relevanz für die Wirtschaftsgeschichte, Habilitationsschrift, St. Gallen.
- Metz, R. (1998a): Der Zufall und seine Bedeutung für die Entwicklung des deutschen Bruttoinlandsprodukts: 1850-1990, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 217/3, S. 308-333.
- Metz, R. (1988b): Trend, Lange Wellen, Strukturbrüche oder nur Zufall: Was bestimmt die langfristige Entwicklung des deutschen Bruttoinlandsprodukts? in: Schremmer, E. (Hrsg.): Wirtschafts- und Sozialgeschichte. Gegenstand und Methode. 17. Arbeitstagung der Gesellschaft für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte in Jena 1997 (VSWG-Beiheft 145), Stuttgart, S. 117-164.
- Metz, R. (1999): Die Innovationsdatenbank des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung Nürnberg (IAB), 3 Bde., Bd. 1: Darstellung und Analyse; Bd. 2: Der Gesamtbestand; Bd. 3: Register. Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung, Köln.
- Metz, R. (2000a): Säkulare Trends der deutschen Wirtschaft, in: North, M. (Hrsg.): Deutsche Wirtschaftsgeschichte. Ein Jahrtausend im Überblick. München, S. 421-474.

- Metz, R. (2001): Expansion und Kontraktion: Das Wachstum der deutschen Wirtschaft im 20. Jahrhundert. In: Spree, R. (Hrsg.): Geschichte der deutschen Wirtschaft im 20. Jahrhundert, München, S. 70-89.
- Metz, R.; Stier, W. (1992): Filter-Design in the Frequency Domain, in: Kleinknecht u.a. (Hgg.) (1992), S. 45-79.
- Müller, D.K.; Zymek, B. unter Mitarb. von Herrmann, U. (1987): Sozialgeschichte und Statistik des Schulsystems in den Staaten des Deutschen Reiches, 1800 - 1945. Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte. Band II: Höhere und mittlere Schulen. 1. u. 2. Teil, Göttingen.
- Neiryneck, J. (1995): Der göttliche Ingenieur: Die Evolution der Technik, Renningen-Malmsheim.
- Neumann, M. (1990): Zukunftsperspektiven im Wandel. Lange Wellen in Wirtschaft und Gesellschaft. (= Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften 66), Tübingen.
- North, D.C. (1988): Theorie des institutionellen Wandels. Eine neue Sicht der Wirtschaftsgeschichte, Tübingen.
- o.A. (1911): 50 Jahre Kölner Bezirksverein Deutscher Ingenieure, Hannover.
- o.A. (1966): The Rate of Development and Diffusion of Technology, in: The Employment Impact of Technological Change, Vol II, Washington, S. 31-85.
- o.A. (1968): Technisches Grundwissen für Lehrer der Polytechn. Oberschule, Berlin.
- Oppenländer, K.H. (Hrsg.) (1984): Patentwesen, technischer Fortschritt und Wettbewerb, Berlin/München.
- Oppenländer, K.H. (1991): Fragen der empirischen Wirtschaftsforschung und die Wachstumstheorie, in: Gahlen, B.; Hesse, H.; Ramser, H.J. (Hgg.): Wachstumstheorie und Wachstumspolitik. Ein neuer Anlauf, Tübingen, S. 53-78.
- Overall Economic Effects Division (Hrsg.), The United States Strategic Bombing Survey. The Effect of Strategic Bombing on the German War Economy, o.O. 1945.
- Paturi, F.R. (1988): Chronik der Technik, Dortmund.
- Perez, C. (1998): Neue Technologien und sozio-institutioneller Wandel, in: Thomas, H.; Nefiodow, L.A. (Hgg.): Kondratieffs Zyklen der Wirtschaft. An der Schwelle neuer Vollbeschäftigung? Herford, S. 17-51.
- Pfetsch, F.R. (1974): Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland 1750-1914, Berlin.
- Pfetsch, F.R. (1985): Datenhandbuch zur Wissenschaftsentwicklung. Die staatliche Finanzierung der Wissenschaft in Deutschland 1850-1975. (= Datenhandbücher für die historische Sozialforschung 1), Köln.
- Pierenkemper, T. (1996): Umstrittene Revolutionen. Die Industrialisierung im 19. Jahrhundert, Frankfurt a.M.
- Pierenkemper, T. (2000): Unternehmensgeschichte. (= Grundzüge der modernen Wirtschaftsgeschichte 1), Stuttgart.
- Pietzker, R. (1991): Voraussetzungen der Patentierung: Neuheit, Fortschritt und Erfindungshöhe, in: Beier et al. (1991), S. 417-458.

- Reuß, H.-J. (1993): Hundert Jahre Dieselmotor. Idee, Patente, Lizenzen, Verbreitung, Stuttgart.
- Richter, R.; Furubotn, E. (1996): Neue Institutionenökonomik. Eine Einführung und kritische Würdigung, Tübingen.
- Ritschl, A.; Spoerer, M. (1997): Das Bruttosozialprodukt in Deutschland nach den amtlichen Volkseinkommens- und Sozialproduktstatistiken 1901-1995, in: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 2, S. 27-54.
- Rottmann, H. (1995): Das Innovationsverhalten der Unternehmen. Eine ökonometrische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt a.M. u.a.
- Schmoch, U.; Grupp, H. (1990): Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation. Handbuch für die Recherchenpraxis. (= Schriftenreihe Zukunft der Technik), Köln.
- Schmookler, J. (1966): Invention and Economic Growth, Cambridge (Mass.).
- Scholz, L.; Schmalholz, H. (1984): Patentschutz und Innovation, in: Oppenländer (Hrsg.) (1984), S. 189-211.
- Schremmer, E. (1973): Wie groß war der "technische Fortschritt" während der industriellen Revolution in Deutschland 1850-1913, in: Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte 60, S. 433-458.
- Schröder, S. (1995): Innovation in der Produktion. Eine Fallstudienuntersuchung zur Entwicklung der numerischen Steuerung. (= Produktionstechnik 168), Berlin.
- Schröter, A.; Becker, W. (1962): Die deutsche Maschinenbauindustrie in der industriellen Revolution, Berlin.
- Schumpeter, J. (1997): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus, 9. Aufl., Berlin.
- Solomou, S. (1990): Phases of Economic Growth, 1850-1973. Konratieff Waves and Kuznets Swings, Cambridge u.a.
- Sombart, W. (1909): Der kapitalistische Unternehmer, in: Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik 29, S. 689-758.
- Soulard, R. (1964): Geschichte der Maschine, Lausanne.
- Spoerer, M. (1996): Vom Scheingewinn zum Rüstungsboom. Die Eigenkapitalrentabilität der deutschen Industrieaktiengesellschaften 1925-1941, Stuttgart.
- Spree, R. (1991): Lange Wellen wirtschaftlicher Entwicklung in der Neuzeit. Historische Befunde, Erklärungen und Untersuchungsmethoden. (= Historical Social Research / Historische Sozialforschung, Suppl. No. 4), Köln.
- Statistisches Reichsamt (Hrsg.) (1936): Statistisches Jahrbuch des Deutschen Reiches, 35. Jg., Berlin.
- Stein, W. (1952-64): Kulturfahrplan, die wichtigsten Daten der Kultur-Geschichte von Anbeginn bis 1967 bzw. 1975, München u.a.
- Steinbuch, K. (1967): Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung, 2. Aufl., Berlin u.a.

- Stockmann, R. (1987): Gesellschaftliche Modernisierung und Betriebsstruktur. Die Entwicklung von Arbeitsstätten in Deutschland 1875-1980, Frankfurt a.M. / New York.
- Stockmann, R.; Willms-Herget, A. (1985): Erwerbsstatistik in Deutschland. Die Berufs- und Arbeitsstättenzählungen seit 1875 als Datenbasis für die Sozialstrukturanalyse, Frankfurt a.M. / New York.
- Strandh, S. (1980): Die Maschine, Geschichte, Elemente, Funktion. Ein Enzyklopädisches Sachbuch, Freiburg i.B.
- Sworykin, A.; Osmowa, N.I.; Tschernyschew, W.I.; Schuchardin, S.W. (1967): Geschichte der Technik, 2. verb. Aufl., Leipzig.
- Tichy, G. (1991): Wachstumstheorie und moderne Makroökonomik. (K)ein neuer Anlauf, in: Gahlen, B.; Hesse, H.; Ramser, H.J. (Hgg.): Wachstumstheorie und Wachstumspolitik. Ein neuer Anlauf, Tübingen, S. 91-110.
- Titze, H. (1985): Der Akademikerzyklus. Historische Untersuchungen über die strukturellen Bedingungen und sozialen Mechanismen der periodischen Wiederkehr von Überfüllung und Mangel in akademischen Karrieren. Göttingen.
- Titze, H. (1990): Der Akademikerzyklus. Historische Untersuchungen über die Wiederkehr von Überfüllung und Mangel in akademischen Karrieren, Göttingen.
- Titze, H. unter Mitarbeit v. Herrlitz, H.-G.; Müller-Benedict, V.; Nath, A. (1987): Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte. Bd. 1: Hochschulen. Teil 1: Das Hochschulstudium in Preußen und Deutschland 1820-1944, Göttingen.
- Titze, H. unter Mitarbeit v. Herrlitz, H.-G.; Müller-Benedict, V.; Nath, A. (1995): Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte. Bd.1: Hochschulen. Teil 2: Wachstum und Differenzierung der deutschen Universitäten 1830-1945, Göttingen
- VDE Bezirksverein Frankfurt am Main (Hrsg.) (1981): Hundert Jahre 1881-1981, Berlin.
- VDI Kölner Bezirksverein (Hrsg.) (1986): 125 Jahre Kölner Bezirksverein 1861-1986, Köln.
- VDMA (Hrsg.) (1927ff.): Statistisches Handbuch des deutschen Maschinenbaus, Berlin.
- VDMA (Hrsg.) (1980): Lange Reihen des Maschinenbaus, Frankfurt a.M.
- VDMA (Hrsg.) (1992): Verbandsgeschichte und Zeitgeschichte, Frankfurt a.M.
- VDMA (Hrsg.) (2000): Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau. Unternehmensprofile und Brancheninformationen. Die Mitgliedsfirmen des VDMA, Darmstadt.
- Vedder, L. (1966): Die deutsche Industrie in den Jahren 1933 bis 1960. (= Schriftenreihe der Industrie- und Handelskammer zu Krefeld, Heft 2), Krefeld.
- Violet's Taschenbuch des Allgemeinen Wissens (1952): 18. Ausgabe, Konstanz.

- Wagenfuehr, H. (1954): Schöpferische Wirtschaft. Pionierleistungen Deutscher Erfinder und Unternehmer, Heidelberg.
- Wagenfuehr, H. (1955): Wie die Wirtschaft funktioniert, Gütersloh.
- Wagner-Döbler, R. (1997): Wachstumszyklen technisch-wissenschaftlicher Kreativität. Eine quantitative Studie unter besonderer Berücksichtigung der Mathematik, Frankfurt a.M.
- Walcher, W. (1964): Die Freiheit des Forschers und ihre Grenzen, in: KHD (1964).
- Walden, P. (1952): Chronologische Übersichtstafeln zur Geschichte der Chemie von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart. Berlin.
- Wieland, T. (2000): Modelle technischen Fortschritts und die Analyse nationaler Innovationskultur. Unveröffentl. Manuskript. Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte, München.

8. Anhang

8.1 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Insgesamt geleistete Arbeitsstunden in Deutschland vom 1850-1995 (Angaben in Mio. Stunden)	100
Abbildung 2:	Wissenschaftsausgaben in Deutschland (Ausgaben in Mill. M/RM)	100
Abbildung 3:	Wissenschaftsausgaben im Deutschen Reich, Bayern und gesamt (in Mill M/RM – halblogarithmische Darstellung)	101
Abbildung 4:	Patente und Wachstum (1850-1917)	101
Abbildung 5:	Wissenschaftsausgaben in Bayern von 1870-1950 (in Mill M/RM)	102
Abbildung 6:	Totale Faktorproduktivität der deutschen Volkswirtschaft von 1870-1913	102
Abbildung 7:	Eigenkapitalrendite Maschinenbau und gesamte Industrie	103
Abbildung 8:	Eigenkapitalrendite Chemie und gesamte Industrie	103
Abbildung 9:	Beschäftigungsanteil der Erwerbspersonen in der Branche Stahl- und Maschinenbau (Angaben in Prozent)	104
Abbildung 10:	Anteil der Stahl-, Maschinen-, Fahrzeug- und Werkzeugbau-Betriebe an allen Betriebsstätten in den Jahren von 1875 bis 1933 (Angaben in Prozent)	104
Abbildung 11:	Startformular	105
Abbildung 12:	Zeitreihenauswahl	105

Abbildung 13:	Männliche Studenten im Fach Chemie im Reich	106
Abbildung 14:	Patente in deutschen Ländern 1812-1877	106
Abbildung 15:	Erteilte und bei Jahresende gültige Patente 1877-1943	107
Abbildung 16:	Anteil der bekanntgemachten Anmeldungen 1877-1943	107
Abbildung 17:	Ausländische Patentanmeldungen und –erteilungen 1901-1938	108
Abbildung 18:	Patenterteilungen „Chemie“ nach verschiedenen Quellen	108
Abbildung 19:	Ereignishäufigkeit von Innovationen in der IAB- Datenbank 1750-1991	109
Abbildung 20:	Ereignishäufigkeit der durch Standardwerke belegten Innovationen im Vergleich zu allen Innovationen	109
Abbildung 21:	Ereignishäufigkeit der IAB-Innovationen im Vergleich zu Baker	110
Abbildung 22:	Ereignishäufigkeit der Innovationsdaten Mensch, van Duijn und Baker	110
Abbildung 23:	Ereignishäufigkeit der IAB-Daten im Vergleich zu Mensch und van Duijn	111
Abbildung 24a:	Häufigkeit „Arbeit und Beruf“	111
Abbildung 24b:	Häufigkeit „Arbeit und Beruf“ mit Trend	112
Abbildung 24c:	Kumulierte Häufigkeit „Arbeit und Beruf“ mit Trend	112
Abbildung 24d:	Häufigkeit „Arbeit und Beruf“ mit 1. Differenzen des Trends	113
Abbildung 25a:	Häufigkeit „Eisenbahn“	113
Abbildung 25b:	Häufigkeit „Eisenbahn“ mit Trend	114
Abbildung 25c:	Kumulierte Häufigkeit „Eisenbahn“ mit Trend	114
Abbildung 25d:	Intensitätstrend und –koeffizient „Eisenbahn“	115
Abbildung 26a:	Häufigkeit „Textil und Dampf“	115
Abbildung 26b:	Häufigkeit „Textil und Dampf“ mit Trend	116
Abbildung 26c:	Kumulierte Häufigkeit „Textil und Dampf“ mit Trend	116
Abbildung 26d:	Intensitätstrend und –koeffizient „Textil und Dampf“	117
Abbildung 27a:	Häufigkeit „Elektrotechnik“	117
Abbildung 27b:	Häufigkeit „Elektrotechnik“ mit Trend	118
Abbildung 27c:	Kumulierte Häufigkeit „Elektrotechnik“ mit Trend	118
Abbildung 27d:	Intensitätstrend und –koeffizient „Elektrotechnik“	119
Abbildung 28a:	Häufigkeit „Chemie“	119
Abbildung 28b:	Häufigkeit „Chemie“ mit Trend	120
Abbildung 28c:	Kumulierte Häufigkeit „Chemie“ mit Trend	120

Abbildung 28d: Intensitätstrend und –koeffizient „Chemie“	121
Abbildung 29a: Häufigkeit „Automobil“	121
Abbildung 29b: Häufigkeit „Automobil“ mit Trend	122
Abbildung 29c: Kumulierte Häufigkeit „Automobil“ mit Trend	122
Abbildung 29d: Intensitätstrend und –koeffizient „Automobil“	123
Abbildung 30a: Häufigkeit „Elektronik“	123
Abbildung 30b: Häufigkeit „Elektronik“ mit Trend	124
Abbildung 30c: Kumulierte Häufigkeit „Elektronik“ mit Trend	124
Abbildung 30d: Intensitätstrend und –koeffizient „Elektronik“	125
Abbildung 31: Anzahl der an KHD erteilten Patente 1930-1968	125
Abbildung 32: Gewinn und „Steuern“ Maschinenbau-Anst. Humboldt 1902/03 – 1915/16	126
Abbildung 33: Produktionsvolumen des deutschen Maschinenbaus 1928-1949	127
Abbildung 34: Produktionsvolumen des Werkzeugmaschinenbaus 1929-1991 (log.)	128
Abbildung 35: Patentklasse 47 „Maschinenelemente“ 1891-1933	128
Abbildung 36: „Offizielle“ Statistik und ECLA-Daten „Maschinenele- mente“ 1891-1933	129

8.2 Abbildungen

Abbildung 1: Insgesamt geleistete Arbeitsstunden in Deutschland von 1850 - 1995 (Angaben in Mio. Stunden)

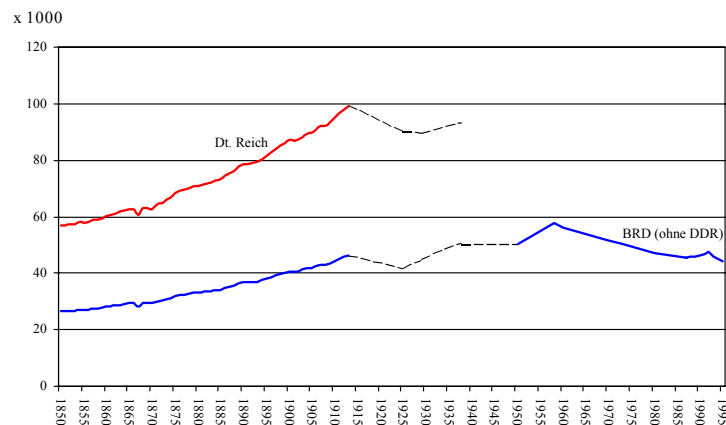
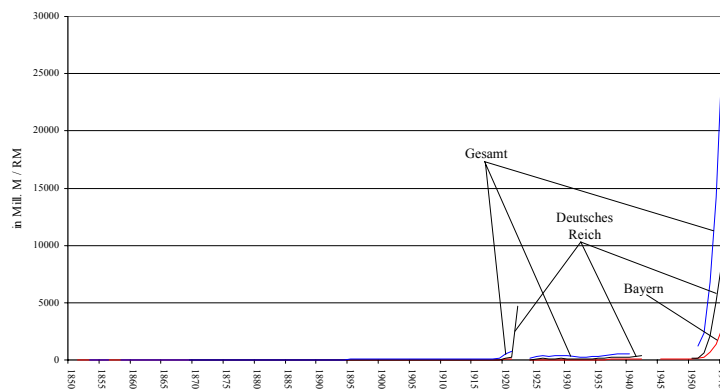


Abbildung 2: Wissenschaftsausgaben in Deutschland (Angaben in Mill. M / RM)



**Abbildung 3: Wissenschaftsausgaben im Deutschen Reich, Bayern und
gesamt (in Mill M / RM - halblogarithmische Darstellung)**

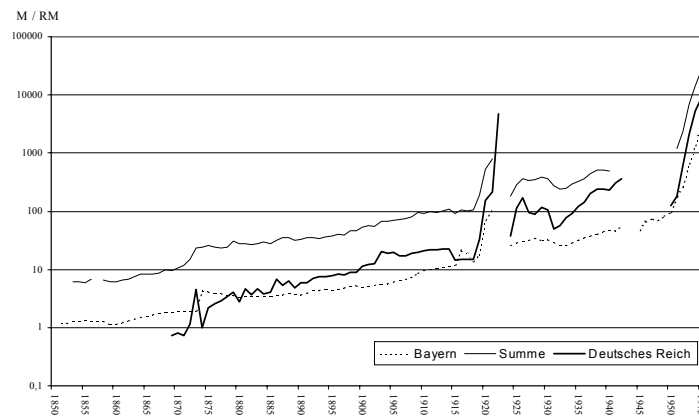
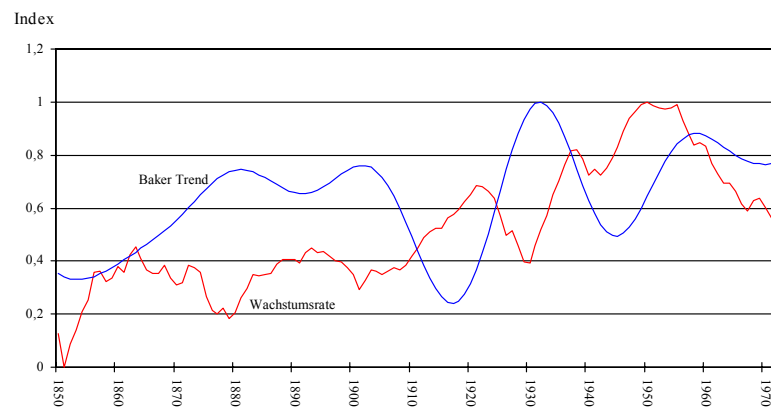
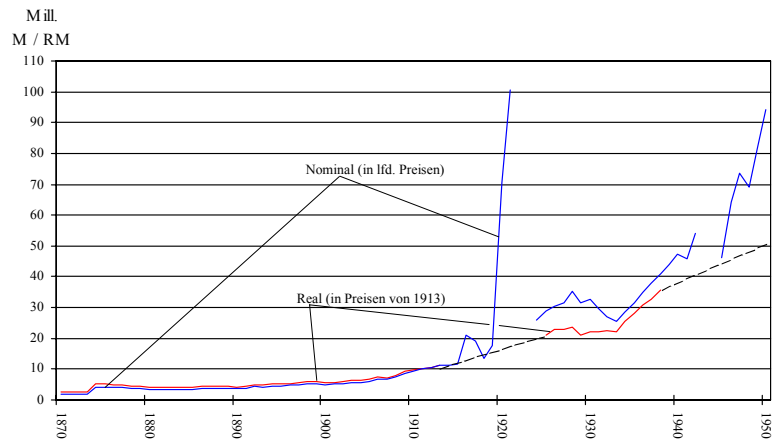


Abbildung 4: Patente und Wachstum (1850 - 1971)



**Abbildung 5: Wissenschaftsausgaben in Bayern von 1870-1950
(in Mill M / RM)**



**Abbildung 6: Totale Faktorproduktivität der deutschen Volkswirtschaft
von 1870-1913**

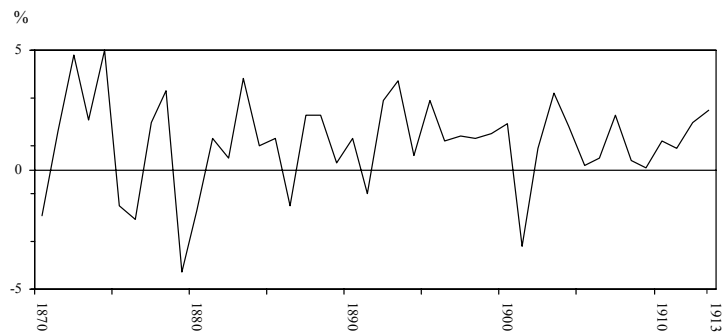


Abbildung 7: Eigenkapitalrendite Maschinenbau und gesamte Industrie

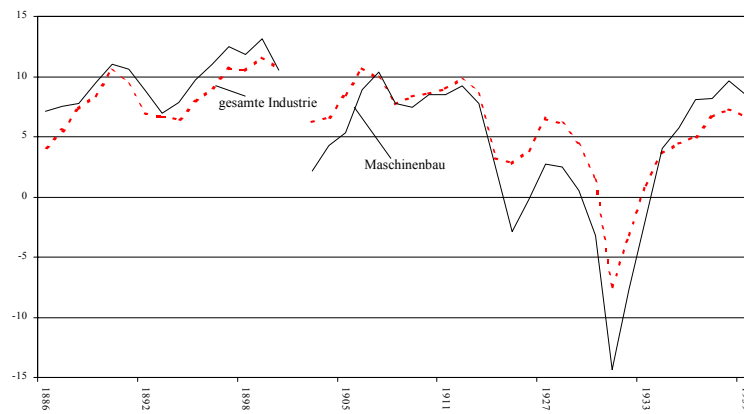


Abbildung 8: Eigenkapitalrendite Chemie und gesamte Industrie

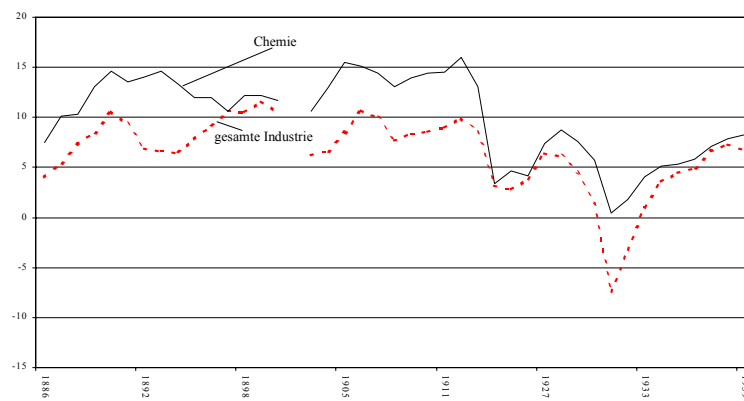


Abbildung 9: Beschäftigungsanteil der Erwerbspersonen in der Branche Stahl- und Maschinenbau (Angaben in Prozent)

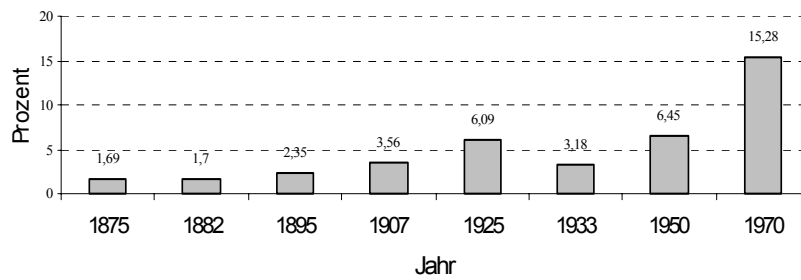


Abbildung 10: Anteil der Stahl-, Maschinen-, Fahrzeug- und Werkzeugbau-Betriebe an allen Betriebsstätten in den Jahren von 1875 bis 1933 (Angaben in Prozent)

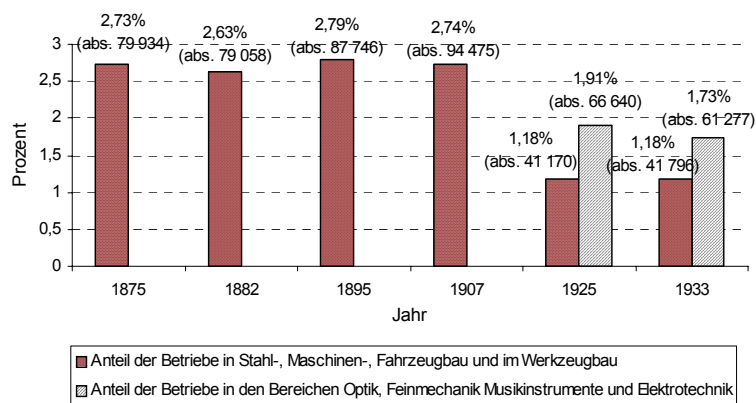


Abbildung 11: Startformular

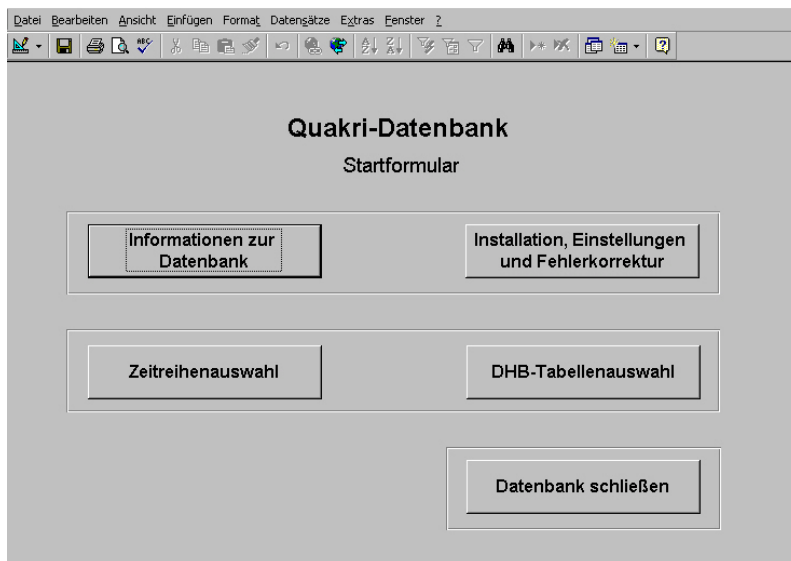


Abbildung 12: Zeitreihenauswahl

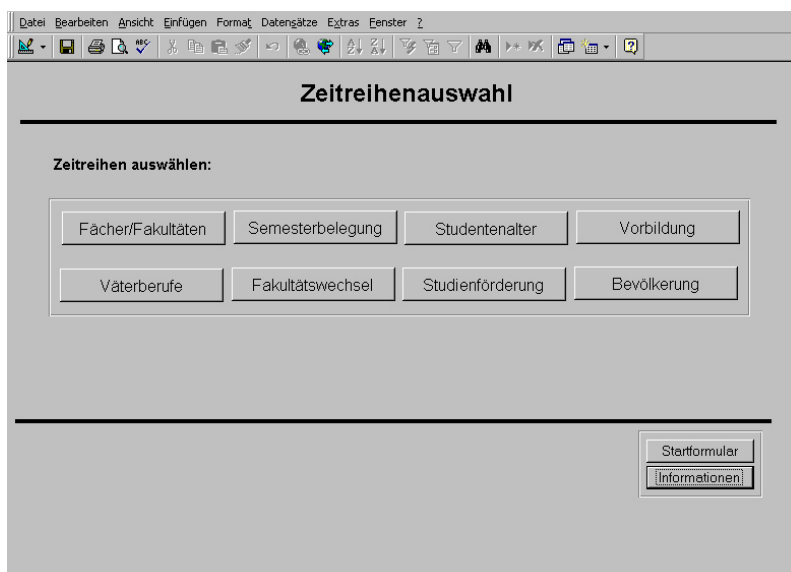


Abbildung 13: Männliche Studenten im Fach Chemie im Reich

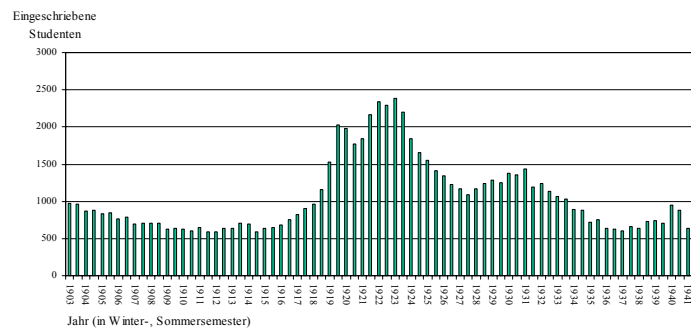


Abbildung 14: Patente in deutschen Ländern 1812-1877

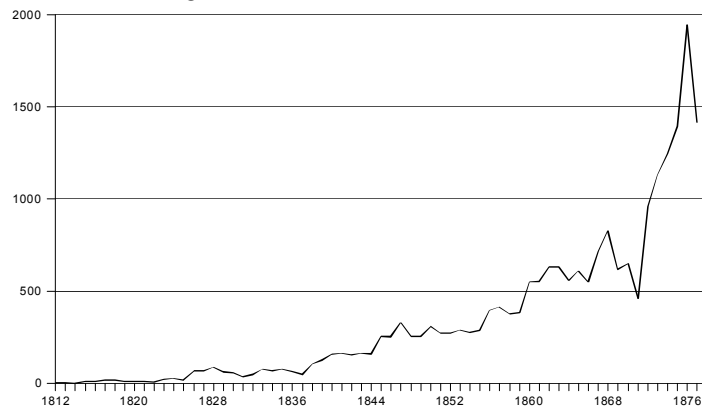


Abbildung 15: Erteilte und bei Jahresende gültige Patente 1877-1943

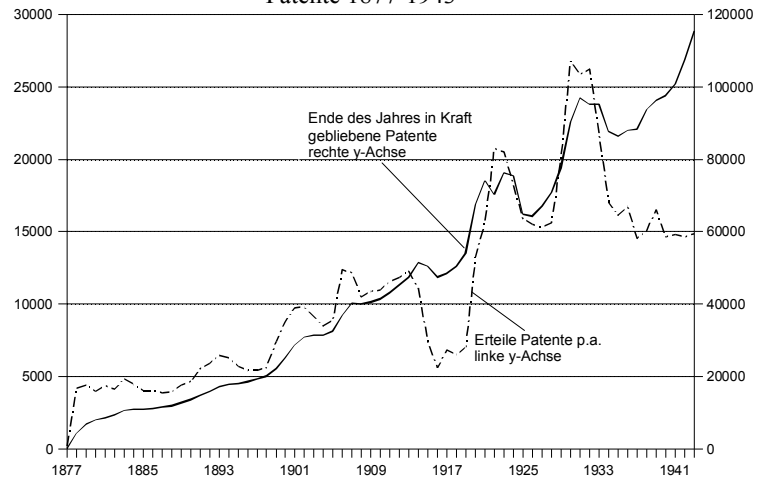


Abbildung 16: Anteil der bekanntgemachten Anmeldungen 1877-1943

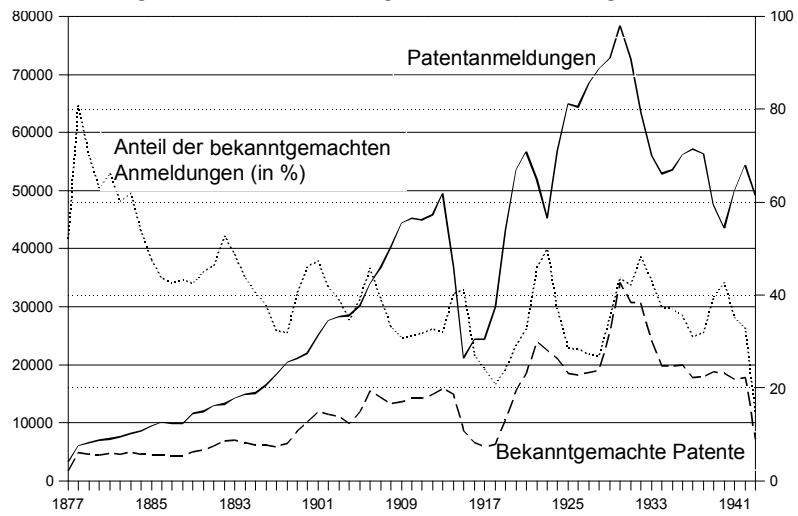


Abbildung 17: Ausländische Patentanmeldungen und -erteilungen 1901-1938

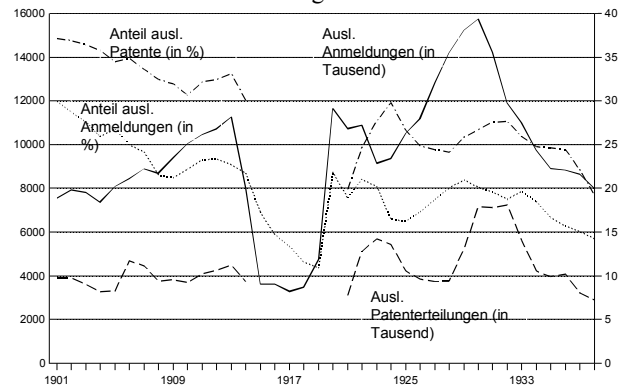


Abbildung 18: Patenterteilungen „Chemie“ nach verschiedenen Quellen

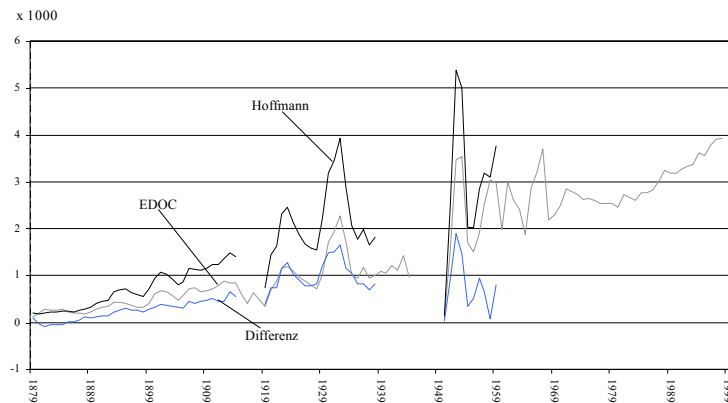


Abbildung 19: Ereignishäufigkeit von Innovationen in der IAB-Datenbank 1750 – 1991

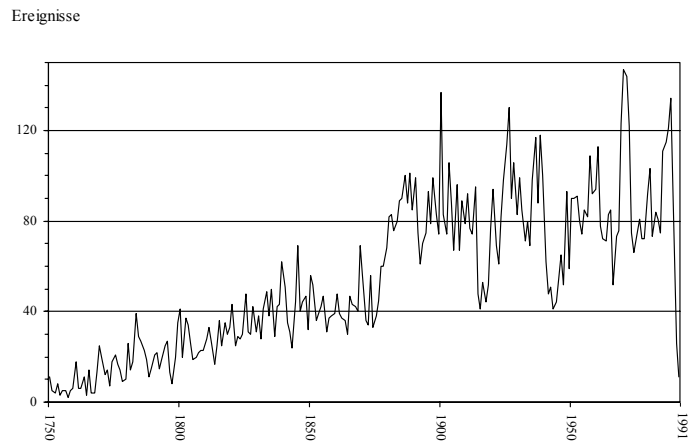


Abbildung 20: Ereignishäufigkeit der durch Standardwerke belegten Innovationen im Vergleich zu allen Innovationen

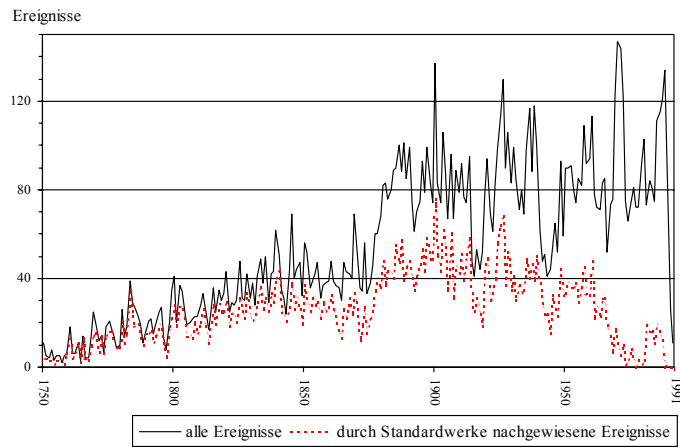


Abbildung 21: Ereignishäufigkeit der IAB-Innovationsdaten im Vergleich zu Baker

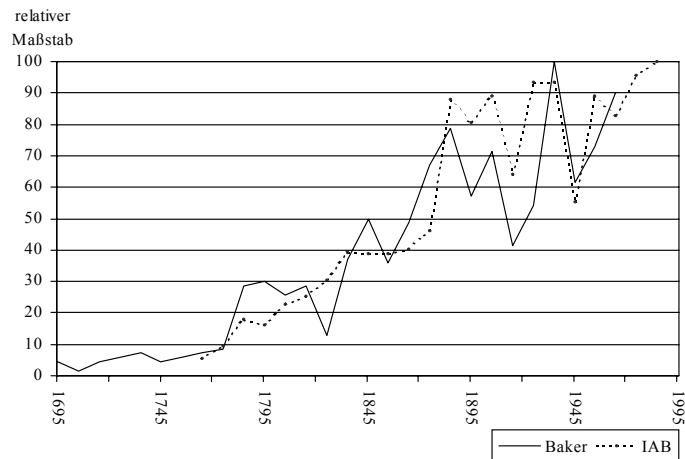


Abbildung 22: Ereignishäufigkeit der Innovationsdaten Mensch, van Duijn und Baker

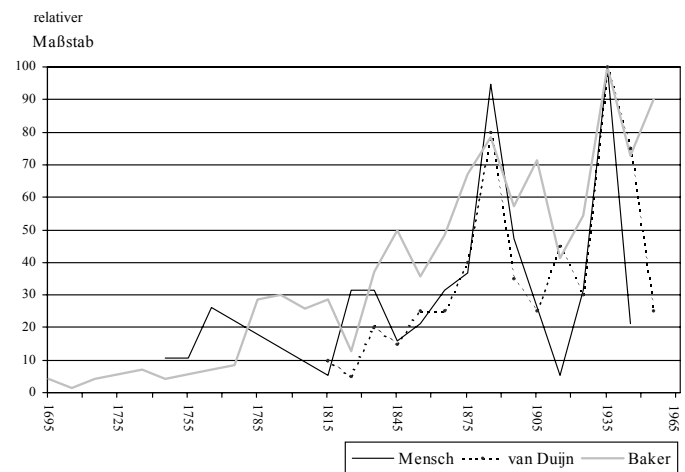


Abbildung 23: Ereignishäufigkeit der IAB-Daten im Vergleich zu Mensch und van Duijn

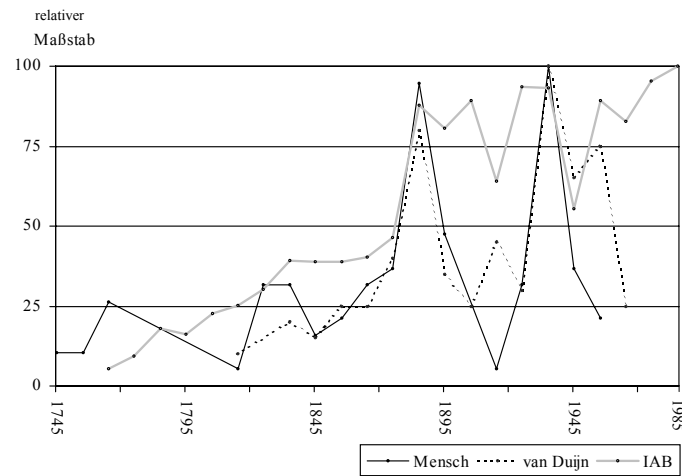


Abbildung 24a: Häufigkeit "Arbeit und Beruf"

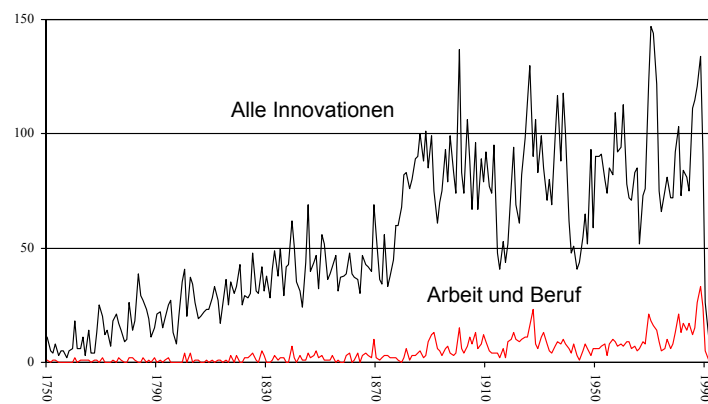


Abbildung 24b: Häufigkeit "Arbeit und Beruf" mit Trend

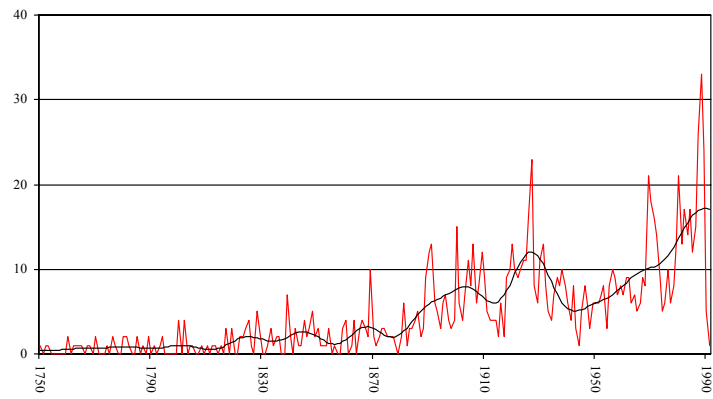


Abbildung 24c: Kumulierte Häufigkeit "Arbeit und Beruf" mit Trend

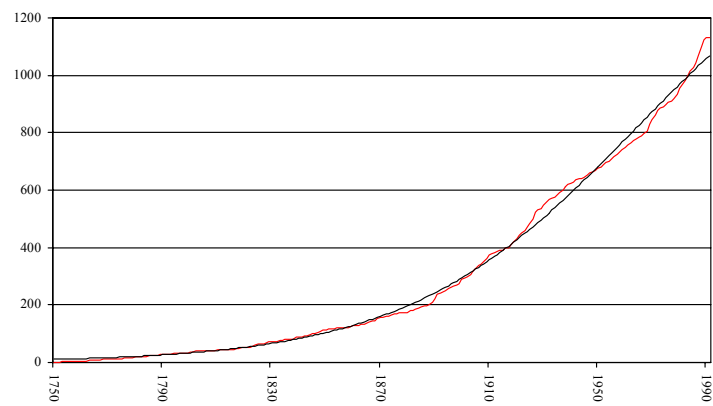


Abbildung 24d: Häufigkeit "Arbeit und Beruf" mit 1. Differenzen des Trends

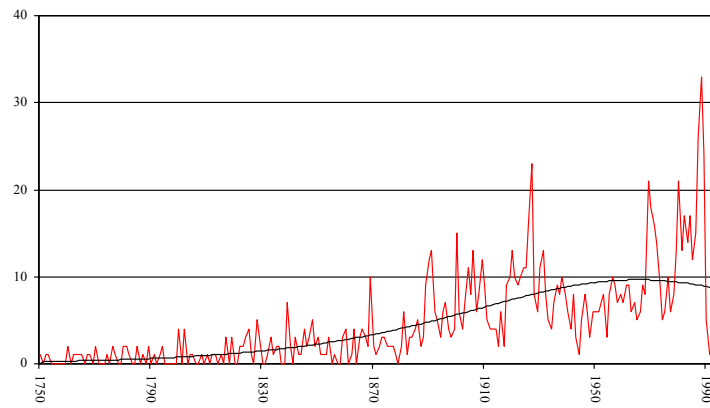


Abbildung 25a: Häufigkeit "Eisenbahn"

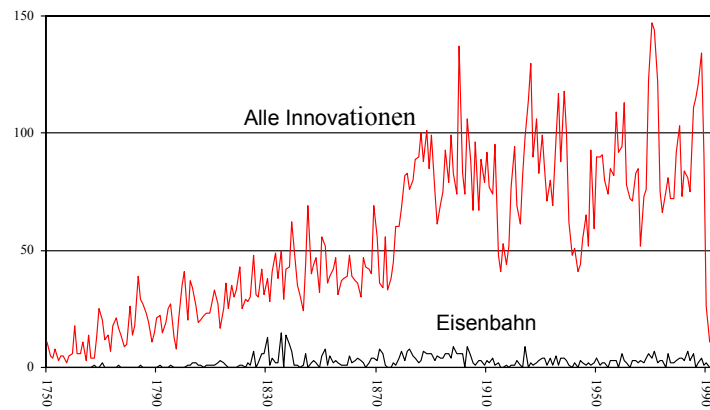


Abbildung 25b: Häufigkeit mit Trend "Eisenbahn"

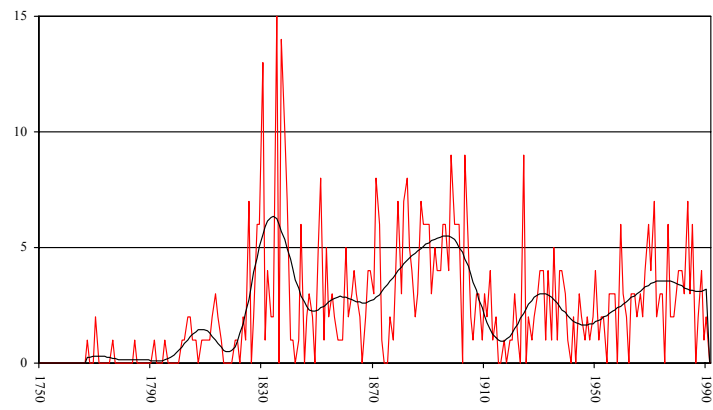


Abbildung 25c: Kumulierte Häufigkeit "Eisenbahn" mit Trend

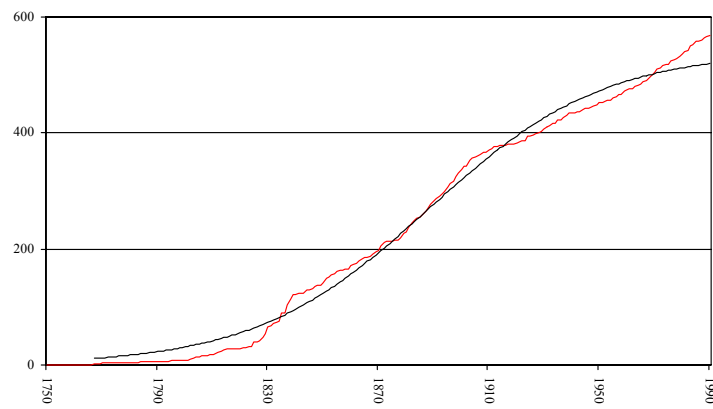


Abbildung 25d: Intensitätstrend und -koeffizient "Eisenbahn"

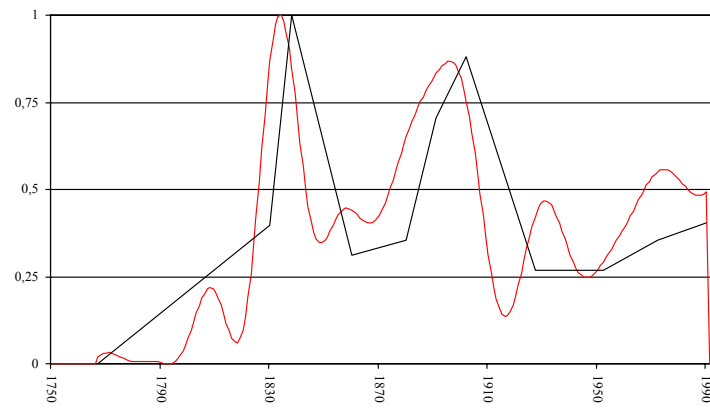


Abbildung 26a: Häufigkeit "Textil und Dampf"

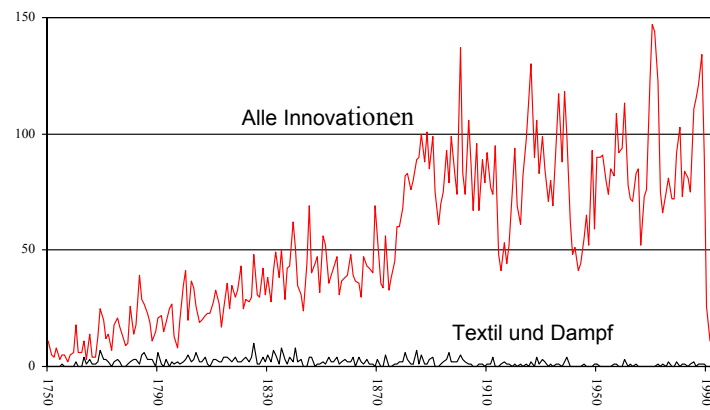


Abbildung 26b: Häufigkeit "Textil und Dampf" mit Trend

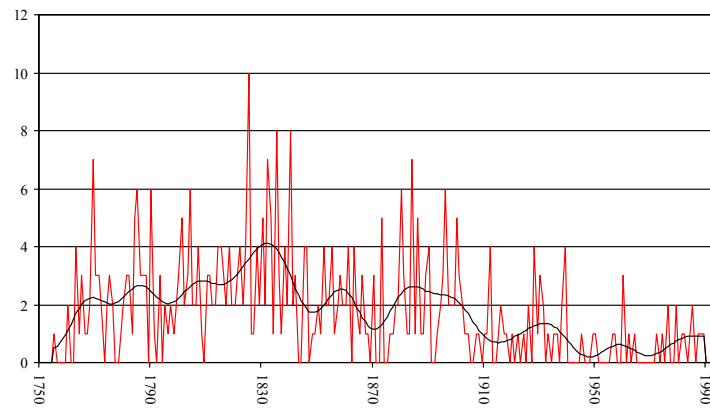


Abbildung 26c: Kumulierte Häufigkeit "Textil und Dampf" mit Trend

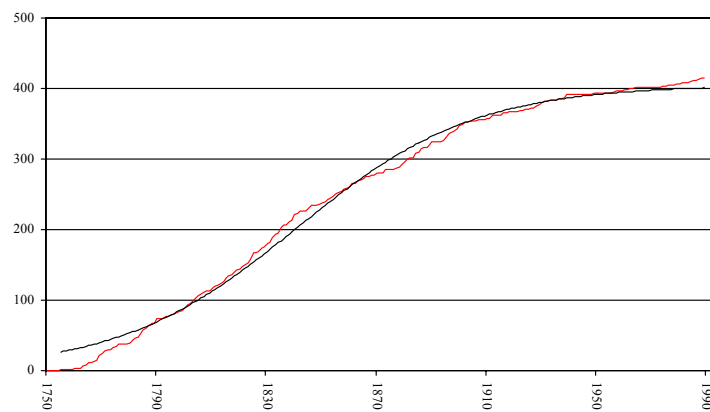


Abbildung 26d: Intensitätstrend und -koeffizient "Textil und Dampf"

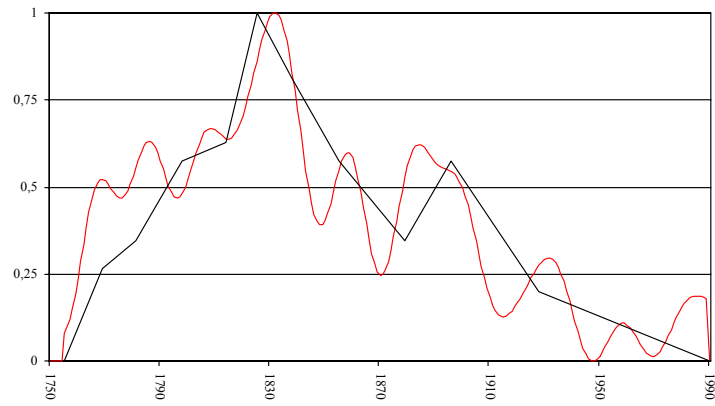


Abbildung 27a: Häufigkeit "Elektrotechnik"

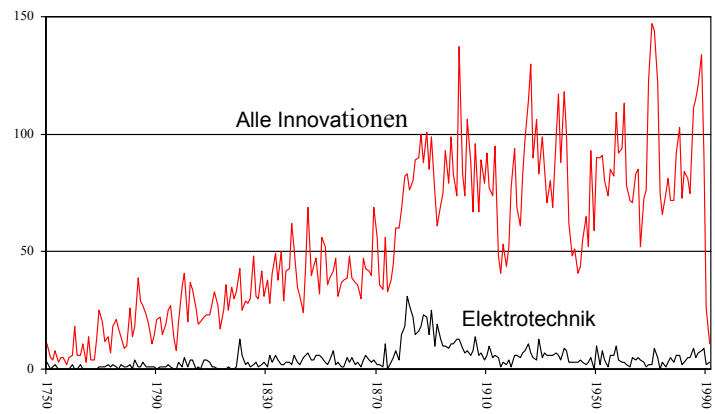


Abbildung 27b: Häufigkeit "Elektrotechnik" mit Trend

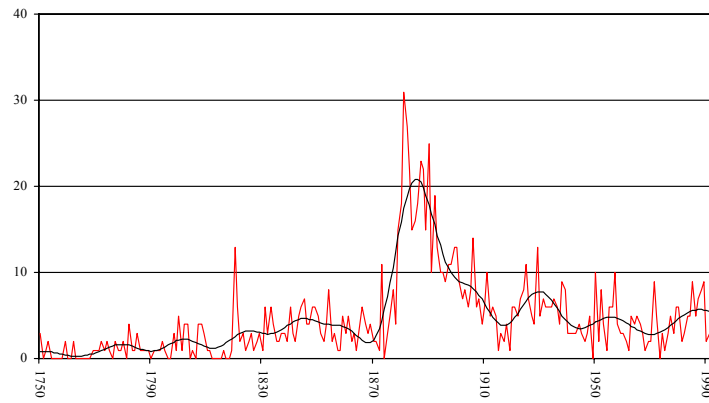


Abbildung 27c: Kumulierte Häufigkeit "Elektrotechnik" mit Trend

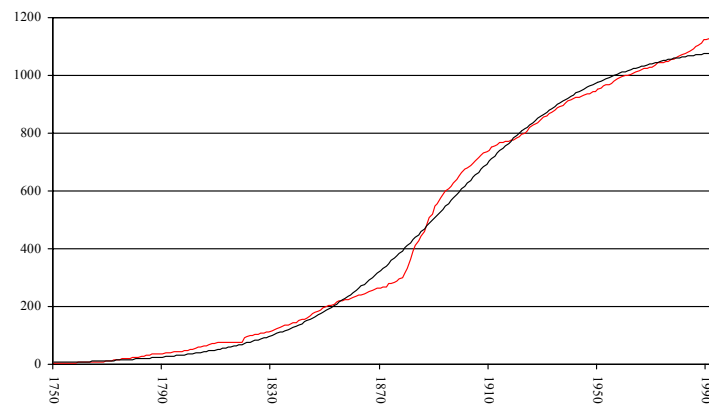


Abbildung 27d: Intensitätstrend und -koeffizient "Elektrotechnik"

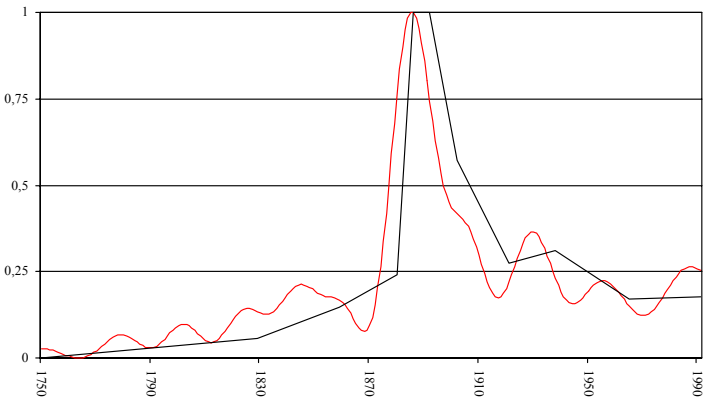


Abbildung 28a: Häufigkeit "Chemie"

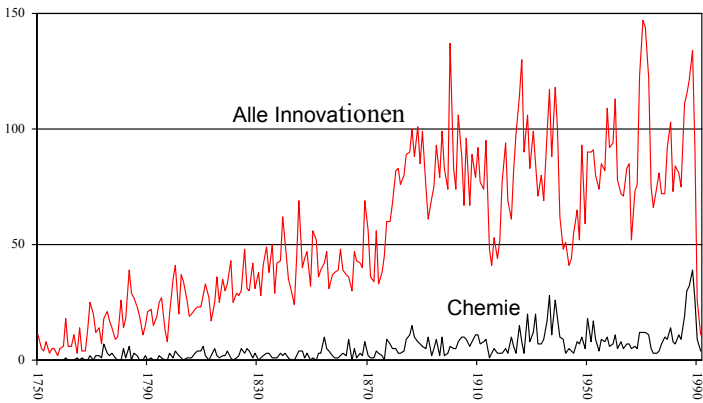


Abbildung 28b: Häufigkeit "Chemie" mit Trend

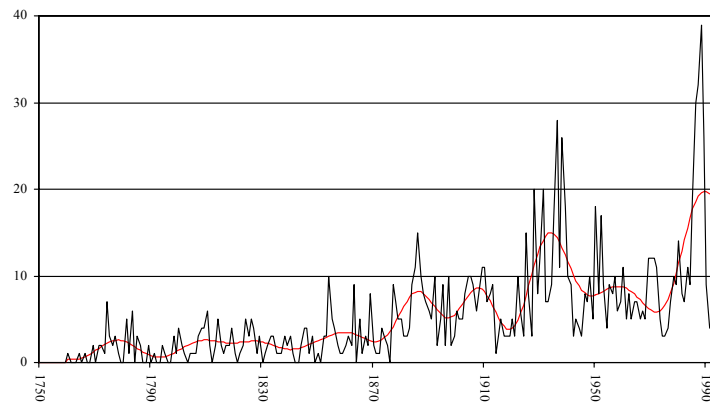


Abbildung 28c: Kumulierte Häufigkeit "Chemie" mit Trend

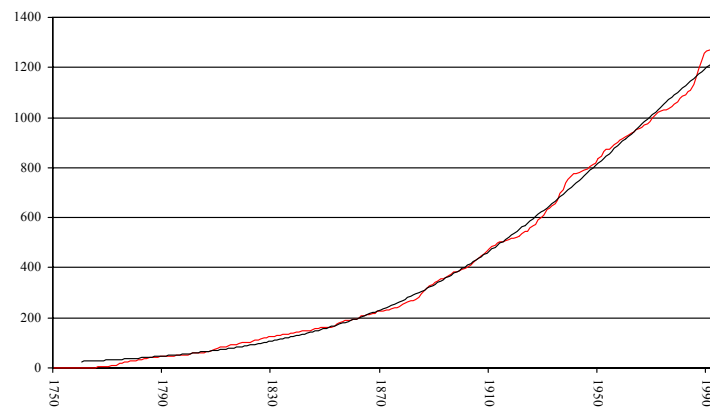


Abbildung 28d: Intensitätstrend und -koeffizient "Chemie"

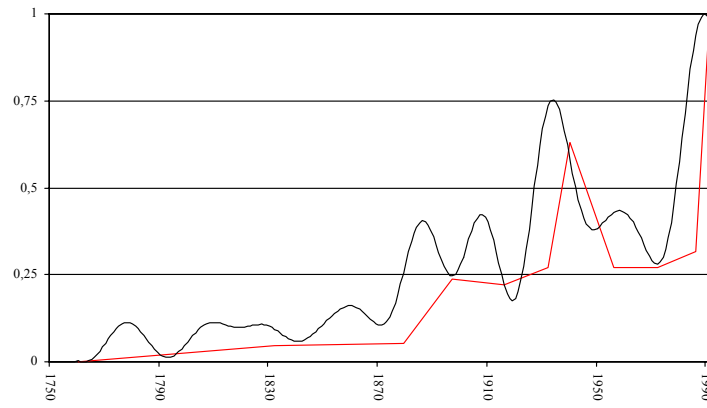


Abbildung 29a: Häufigkeit "Automobil"

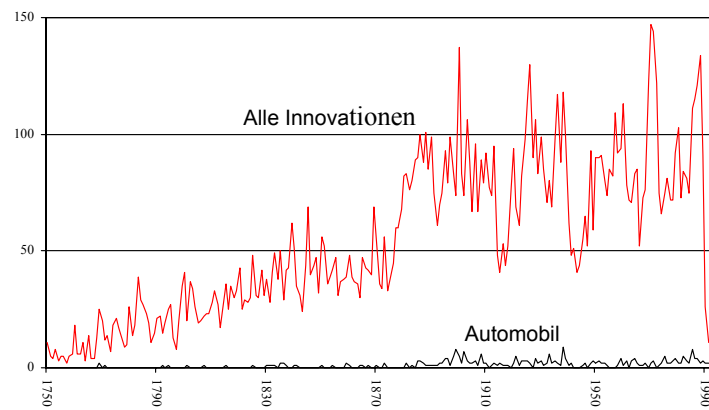


Abbildung 29b: Häufigkeit "Automobil" mit Trend

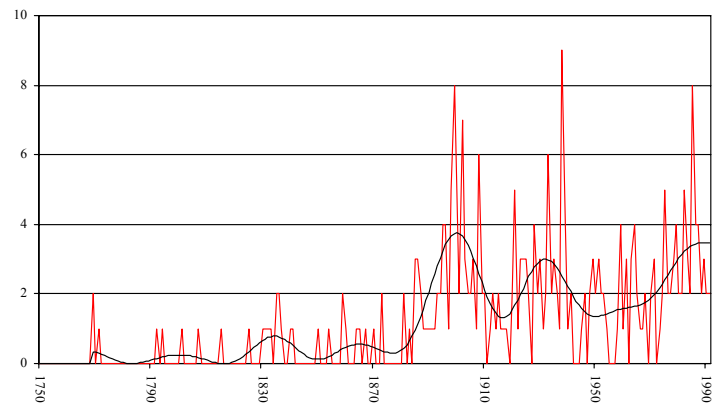


Abbildung 29c: Kumulierte Häufigkeit "Automobil" mit Trend

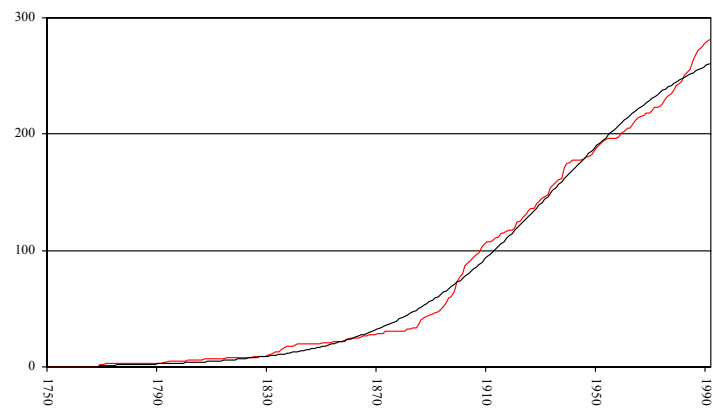


Abbildung 29d: Intensitätstrend und -koeffizient "Automobil"

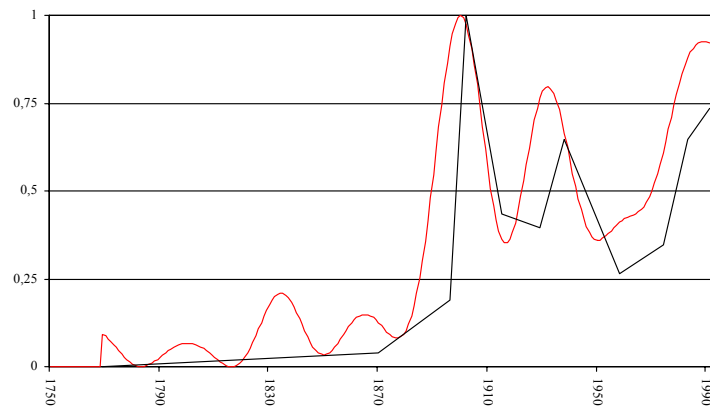


Abbildung 30a: Häufigkeit "Elektronik"

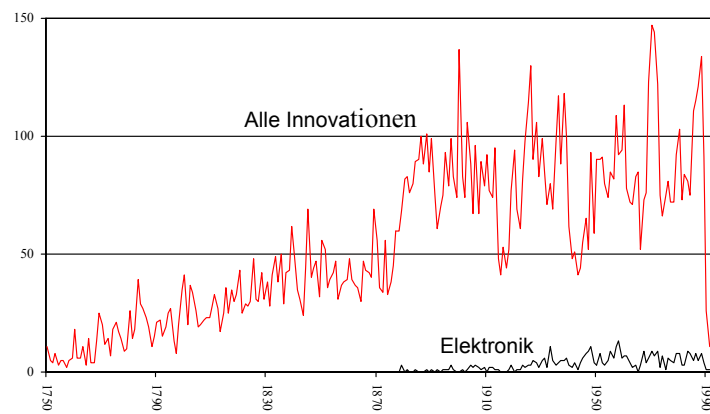


Abbildung 30b: Häufigkeit "Elektronik" mit Trend

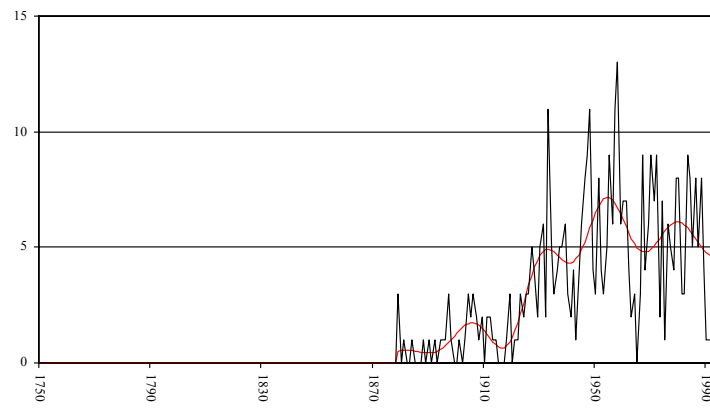


Abbildung 30c: Kumulierte Häufigkeit "Elektronik" mit Trend

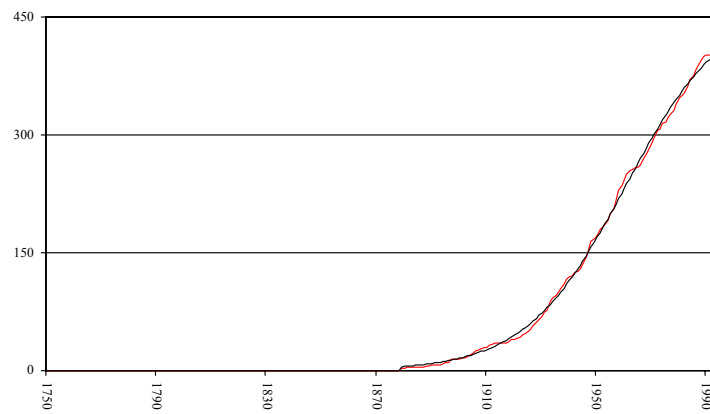


Abbildung 30d: Intensitätstrend und -koeffizient "Elektronik"

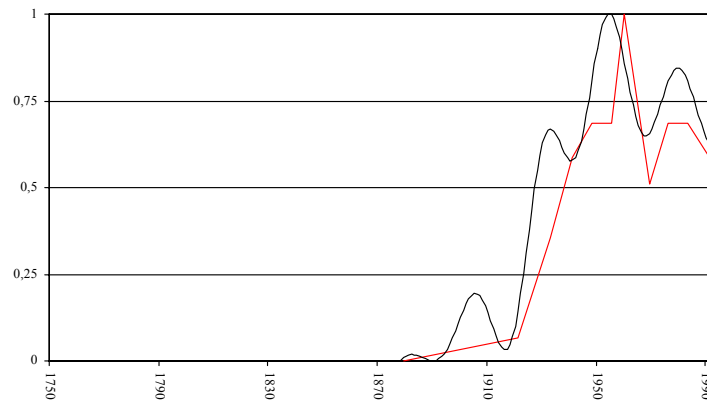


Abbildung 31: Anzahl der an KHD erteilten Patente 1930-1968

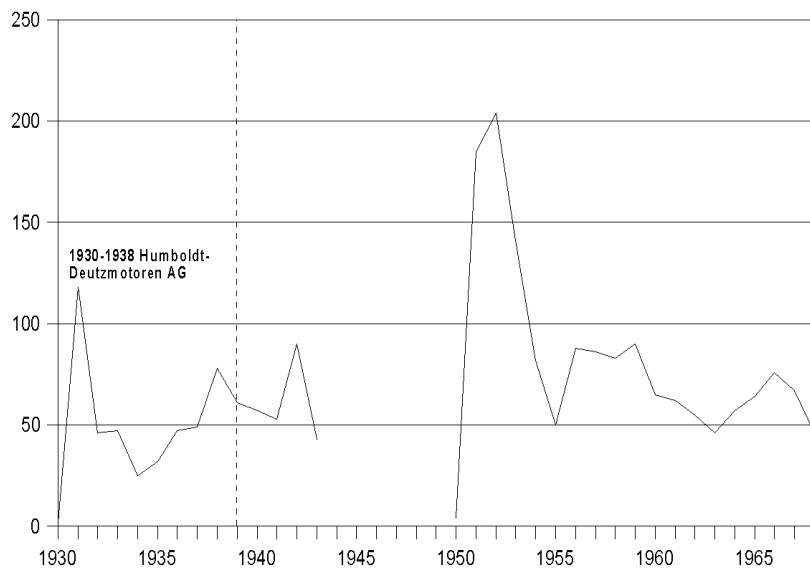


Abbildung 32: Gewinn und "Steuern" Maschinenbau-Anst. Humboldt
1902/03 – 1915/16

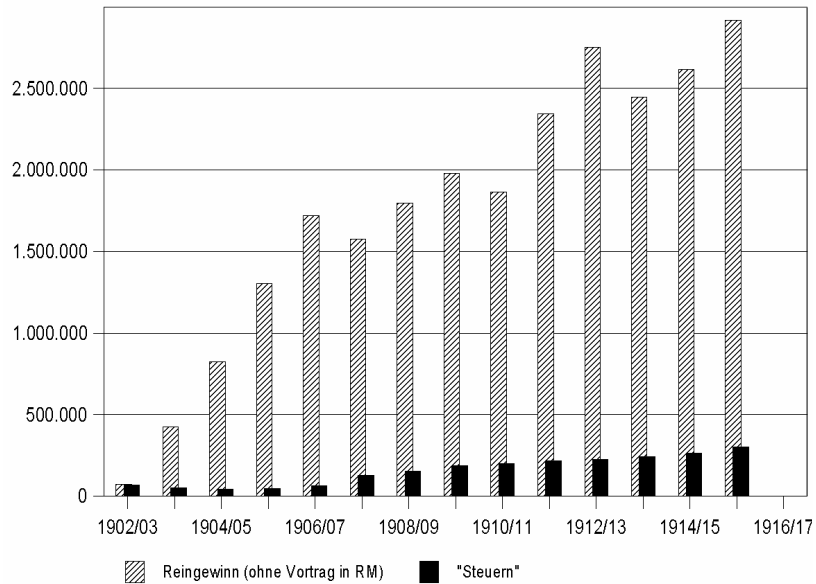
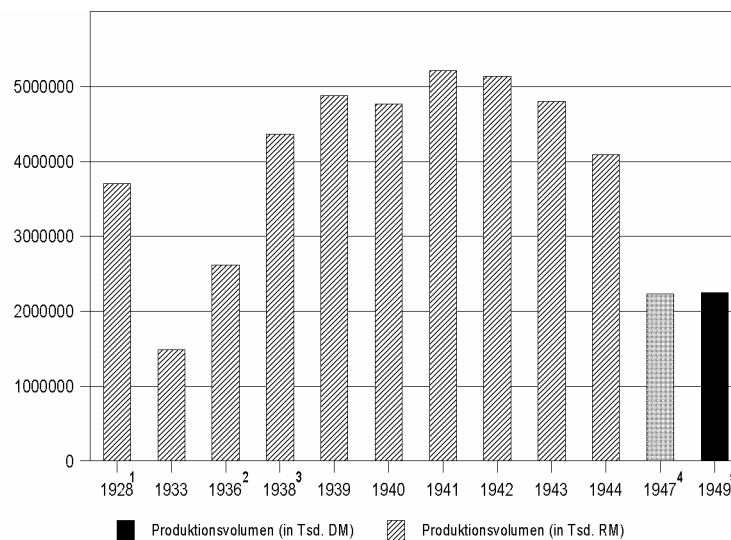


Abbildung 33: Produktionsvolumen des deutschen Maschinenbaus
1928-1949



Quellen für:

1928 und 1933: Stat. Jahrbuch (1936).

1936: Vedder (1966), S. 8. Nettoproduktionswert nach der amtlichen Produktionsstatistik.

1938– 44: Overall Economic Effects Division (1945), Tab. 17, S. 219. Die Daten beruhen auf Angaben der Wirtschaftsgruppe Maschinenbau.

1947: Harmssen (1951), S. 37. Die Zahl gibt die im sog. Reparationsplan geschätzte Kapazität des Maschinenbaus in Millionen RM in den drei westlichen Besatzungszonen wieder.

1949: Grüning/Krengel (1955), S. 79.

Abbildung 34: Produktionsvolumen des Werkzeugmaschinenbaus
1929-1991 (log.)

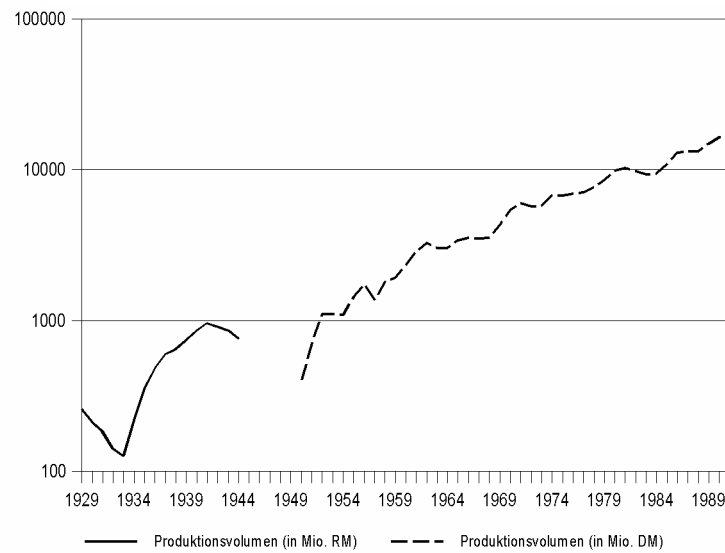


Abbildung 35: Patentklasse 47 "Maschinenelemente"
1891-1933

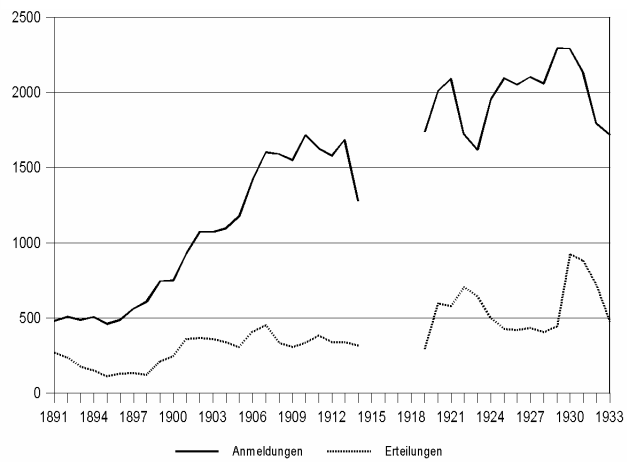


Abbildung 36: „Offizielle“ Statistik und ECLA-Daten
 „Maschinenelemente“ 1891-1933

